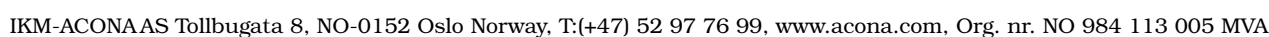


Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og
beredskapsmodellering for letebrønn 30/11-15 Krafla
Midt Statfjord

En analyse for Equinor



GODKJENNINGSTABELL

Rapporttittel: Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og beredskapsmodellering for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord	
Kunde: Equinor	Kundekontakt: Øystein Rantrud
Utført av: Christopher Haakon Strutz Christophe Bernard Anders Bjørgesæter	Signatur: <i>Christopher Haakon Strutz</i> <i>Christophe Bernard</i> <i>Anders Bjørgesæter</i>
Kontrollert av: Julie Damsgaard Jensen	Signatur: <i>Julie Damsgaard Jensen</i>
Versjon: Versjon-03	Dato: 16.02.2023
Aconas prosjektnummer: 820396	
Referer til denne rapporten som: IKM Acona AS 2023. Stokastisk oljedriftsimulering, miljørisikoanalyse og beredskapsmodellering for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. En analyse for Equinor. Versjonsdato: 16.02.2023. IKM Aconas prosjektnummer: 820396. www.acona.com .	

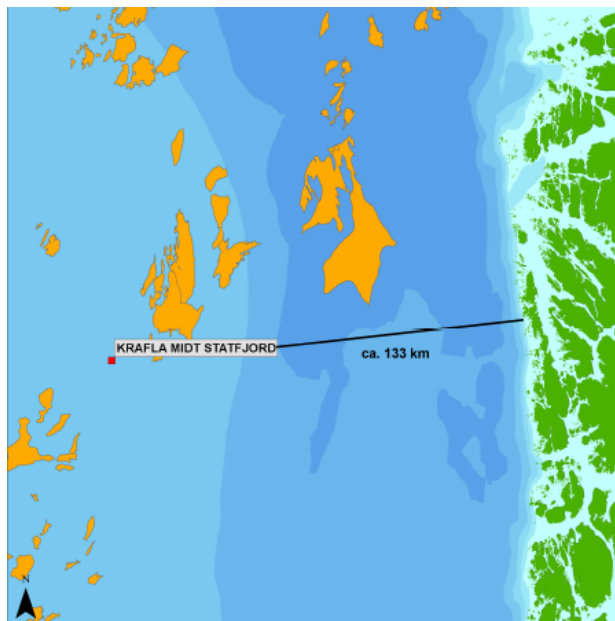
VERSJONSHISTORIKK

Versjon / Dato	Beskrivelse av endring:
VERSJON-01 20.12.2022	Utkast til kunden, for gjennomlesning og tilbakemelding
VERSJON-02 13.02.2023	Oppdatert i henhold til kommentarer fra kunde
VERSJON-03 16.02.2023	Oppdatert kapittel 7.3.5 og vedlegg A

Teknisk sammendrag av miljørisikoanalyse for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord

IKM Acona AS har gjennomført miljørisikoanalyse for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord i Nordsjøen (Figur 1). Analysen er utført i samsvar med Styringsforskriften (paragraf 17) og Metode for miljørettet risikoanalyse (ERA Acute). Den baserer seg på stokastiske oljedriftssimuleringer utført i henhold til Beste Praksis for oppsett og utførelse av oljedriftssimuleringer til bruk i miljørisikoanalyser. Det er også utført beredskapsmodellering i Oscar.

Boringen går først igjennom et øvre oljelag (Tarbert), for så å gå inn i et nedre gasslag (Statfjord). Forventede rater ved utblåsning fra oljeboringen er betydelig høyere enn forventede rater ved utblåsning fra boringen i gasslaget, den definerte fare- og ulykkeshendelsen (DFU) som er lagt til grunn for analysene er derfor en utblåsning av olje, og oljetypen Oseberg Sør. Oseberg Sør er en parfinsk olje som inneholder svært lite asfaltener samtidig som den har høyt voksinnhold. Emulsjoner som dannes vil være stabile, men vil brytes ved mekanisk påvirkning.



Figur 1. Lokasjon for letebrønn 30/11-15 Krafla.

Sannsynligheten for en oljeutblåsning under boring er $1.01E-04$ (0.0101 %). Dette tilsvarer en utblåsning for ca. hver 9 900 brønn som bores.

Hvilket område vil bli berørt av en oljeutblåsning fra 30/11-15 Krafla Midt Statfjord?

Korteste avstand til land er ca. 133 km; til Øygarden i Vestland fylke.

Ved stokastiske oljedriftssimuleringer kan man definere influensområder. Dette er et statistisk bilde av den romlige fordelingen av olje basert på de enkelte oljedriftssimuleringene. Området beregnes ved at man legger de enkelte oljedriftene oppå hverandre og trekker ut alle kartruter som har mer enn 5 % sannsynlighet for å bli truffet av olje over en gitt grenseverdi.

Grenseverdiene for sjøoverflaten (sjøfugl og sjøpattedyr) er 2 mikrometer, for strandlinje 1 tonn olje per 10×10 km kartrute og grenseverdien for vannsøylen (fiskeegg og – larver) er 58 ppb total oljekonsentrasjon.

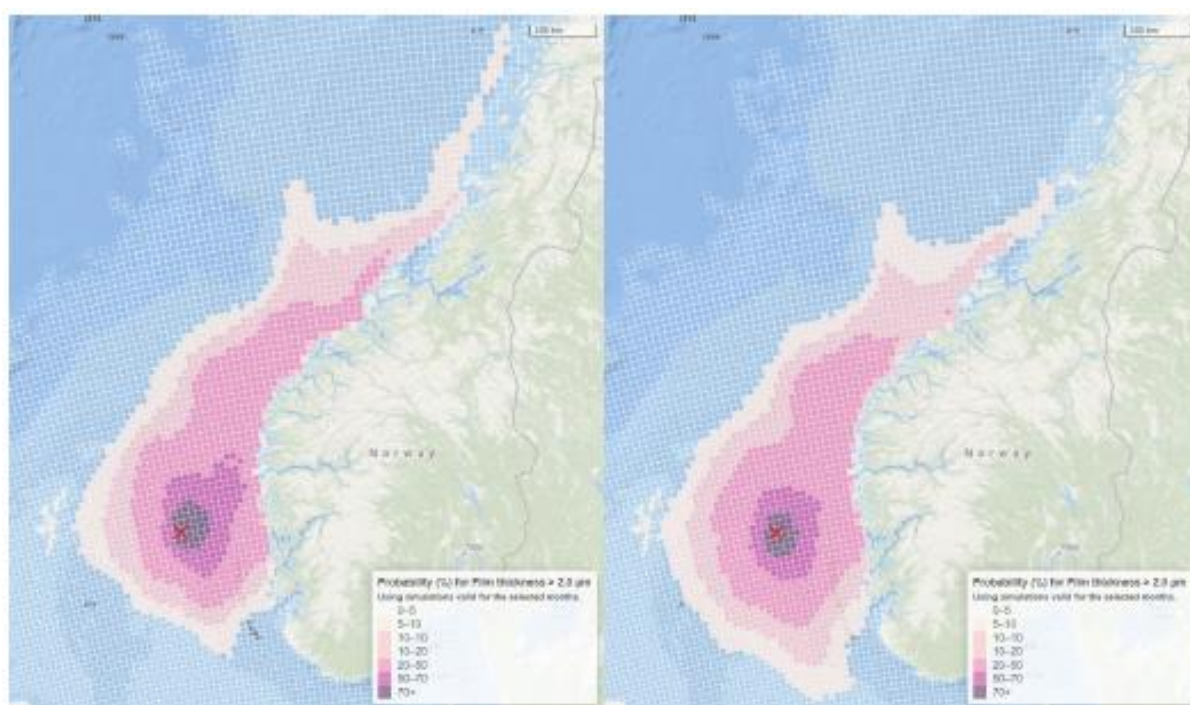
Metode: Det er utført et statistisk representativt antall oljedriftsberegninger for utslippsrater fra 440 opptil 22 408 m³/døgn og utblåsningsvarigheter fra 1.3 døgn opp til 70.9 døgn. Totalt er det simulert 12 000 mulige oljeutblåsninger.

Oljedriftsmodellen OSCAR (versjon 11.01) er benyttet med 4×4 km 3D strømdata (døgnmiddel) og 10×10 km vinddata (hver 3. time) for perioden 2010 -2019.

Resultatene er presentert for to sesonger: vinter (september-februar) og sommer (mars-august).

Influensområder for olje på sjøoverflaten er vist i Figur 2. Områder med mer enn 5%, 10%, 20%, 50% og 70% sannsynlighet for olje over grenseverdien på 2 mikrometer er vist med ulike fargekoder. Influensområdet strekker seg utover Nordsjøen og opp i Norskehavet. I vannsøylen strekker influensområde med mer enn 5% sannsynlighet for oljekonsentrasjoner over 58 ppb ut til ca. 120 km fra utslippspunktet. Influensområde for olje på strandlinjen berører kystlinjen fra Rogaland, opp langs kysten av Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag og delvis Nordland fylke.

Gitt at en utblåsning finner sted er det beregnet sannsynligheter for stranding langs kysten på 100% i vinterhalvåret og 87% i sommerhalvåret. Oljens korteste drivtid til land og størst strandet mengde emulsjon, representert ved 95-persentiler, er hhv. 6 og 8 døgn og 27 349 og 23 662 tonn, for vinter og sommer. Åtte av NOFOs prioriterte kystområder for oljevern har mer enn 5% sannsynlighet for stranding og kortere enn 20 dagers drivtid.



Figur 2. Influensområder for sjøoverflaten gitt en utblåsning i vinter- (venstre) og sommerhalvåret (høyre).

Hvilke miljøkonsekvenser kan en utblåsning fra letebrønnen gi?

Det er sjøfugl på havet, tobis og strandlinje som er mest utsatt for miljøskade ved en oljeutblåsning.

Høyest beregnet miljøskade gjennom året for sjøpattedyr, sjøfugl, fisk og strand er illustrert i Tabell 1. Tabellen viser sannsynlighet for skade i den mest alvorlige (verste) miljøskadekategorien. Det er satt en grense på 1% betinget sannsynlighet (dvs. sannsynlighet forutsatt at en utblåsning eller uhellsutslipp har funnet sted) for hver skadekategori.

Havsule, havhest og lunde er de mest berørte sjøfuglene. Høyest beregnede gjennomsnittlige bestandstap for sjøfugl er 6% og høyeste registrerte bestandstap er 54%. For sjøfugl og sjøpattedyr er det 3-8% sannsynlighet for utslag i skadekategori *svært alvorlig* i store deler av året (Tabell 1, øverst). For kystbunden sjøfugl er tapene lavere, med gjennomsnittlig tap under 2% og høyeste tap på over 30% for svartand i vinter- og høstmånedene. For sel er gjennomsnittlig tap godt under 1% og høyeste registrerte tap er 6% for den midtnorske bestanden av havert.

Metode: Bestandstap, larvetap, kilometer berørt strand, miljøskade og miljørisiko er beregnet vha. ERA Acute med programvare v. 1.1.2.3 (kjerne kalkulator v. 2.11.3).

Det er analysert på ulike datasett som beskriver forekomsten av sjøfugl, sjøpattedyr, fisk og strandhabitat i området.

Hovedkilden til datasettene er fra SEATRACK/NINA, Havforskningsinstituttet og MRDB (marin ressursdatabase).

Det er utført kolonispesifikke analyser for de mest berørte sjøfuglkoloniene i hekkeperioden mars-august. Resultatene viser relativ store tap på lunde på Runde og demonstrerer at det vil være viktig å prøve å hindre at olje driver inn mot funksjonsområdene i til kolonien i hekkeperioden.

For fisk er det tobis på Vikingbanken som er mest utsatt i perioden februar – juni ((Tabell 1, midt). Brønnlokasjonen ligger ca. 10 km fra leveområdet for tobis på Vikingbanken, og influensområdet i vannkolonnen overlapper med Vikingbanken. Gjennomsnittlig larvetap i hele perioden er 17%, med 95-persentiler på mellom 69 og 72%. Det er mellom 9-13% sannsynlighet for utslag i skadekategori *moderat* (Tabell 1, midt). Modellering av oljevernberedskap viser i gjennomsnitt en reduksjon på 45% i tap av tobislarver når alle oljevernssystemene er dedikert til mekanisk oppsamling. Influensområdet i vannkolonnen overlapper med gyteområdet til flere andre viktige fiskebestander, men ettersom deres gyteområder strekker seg over store deler av Nordsjøen er overlappet begrenset og det er vurdert at en utblåsning vil gi liten målbar skade på disse bestandene.

For strandfauna er gjennomsnittlig berørt strandlengde for alle strandtyper 284 km, og for strandflora 48 km. For flora er det mellom 1,3 og 1,8% sannsynlighet for utslag i skadekategori *katastrofal* gjennom hele året. Strandfauna har også mer enn 1% sannsynlighet for *katastrofal* skade, med unntak av i april og mai hvor det er utslag i kategori *stor*, men med noe lavere sannsynlighet enn flora.

Miljørisikoen for fugl, sjøpattedyr og fisk ligger i grønt område i Equinors risikomatrise, miljørisikoen for strand ligger i gult område (Figur 3). Fisk (tobis på Vikingbanken) er i risikomatrisen justert fra kategori *moderat* til kategori *alvorlig*, da Vikingbanken er antatt å være et isolert gyteområde og dermed vurdert å være særlig sårbart.

Tabell 1. Illustrasjon av høyest beregnet miljøskade for sjøfugl og sjøpattedyr (øverst), fisk (midterst) og strand (nederst) gitt en utblåsning ved Krafla. Kun skade i den mest alvorlige (verste) skadekategorien med en betinget sannsynlighet over 1% per måned er vist.

Sjøfugl og sjøpattedyr

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig												
Liten												
Moderat									1	1		
Alvorlig								3				
Svært Alvorlig	7	7	8	3	6	7	7				8	7
Stor												
Katastrofal												
Bestand	Havsule	Havsule	Havsule	Havhest	Lunde	Havhest	Havhest	Havsule	Havsule	Havsule	Havsule	Havsule

Fisk

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig	100							100	100	100	100	100
Liten												
Moderat		13	12	11	9	10	11					
Alvorlig												
Svært Alvorlig												
Stor												
Katastrofal												
Bestand	N/A	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Torsk og NVG sild	N/A	N/A	N/A	N/A

Strand

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig												
Liten												
Moderat												
Alvorlig												
Svært Alvorlig												
Stor												
Katastrofal	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.6
VØK	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Oftere enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat								
5/ Alvorlig		V						
6/ Svært alvorlig	O							
7/ Stor								
8/ Katastrofal	K							
9/ Ekstrem								

Figur 3. Miljørisiko for sjøfugl, sjøpattedyr (O), strand (K) og fisk (V) for Krafla. Miljørisikoen per naturressursgruppe er oppgitt for naturressursen med høyest gjennomsnittlig miljøskade gjennom året. Miljørisikoen for fisk (tobis på Vikingbanken) er justert fra beregnet kategori moderat til kategori alvorlig.

Modellering av oljevernberedskap i Oscar

Det er gjennomført modellering av oljevernberedskap på åpent hav med beredskapsmodulen i OSCAR for å undersøke effekt av ulike beredskapsalternativer som konsekvensreducerende tiltak. Mekanisk oppsamling, kjemisk dispergering og kombinasjon av disse er undersøkt.

Alle beredskapsalternativene reduserer strandingsmengde og miljøskade på sjøfugl, fisk og strandhabitat, med unntak av kun kjemisk dispergering som øker larvetap for tobis på Vikingbanken pga. økt nedblanding av olje i vannsøylen. For sjøfugl er det relativ små forskjeller i miljøgevinst mellom de tre tiltaksalternativene, og miljøgevinsten målt i prosentvis nedgang i bestandstap er på rundt 40-50%. For tobis er det en prosentvis nedgang i larvetap på 45% ved bruk av mekanisk oppsamling og en prosentvis økning på 42% ved kun bruk av kjemisk dispergering. For strandlinje er det tiltaksalternativet med kun kjemisk dispergering som gir størst miljøgevinst, med rundt 35% mindre lengde påvirket strandlinje for fauna og 50% for flora.

Illustrert i Equinor risikomatriksen vises effekten av beredskap ved at miljøskaden flyttes til en lavere skadekategori (sjøfugl) og/eller flyttes til et lavere frekvensintervall (sjøfugl, fisk og strand).

Technical summary of environmental risk analysis for exploration well 30/11-15 Krafla Midt Statfjord

IKM Acona AS has performed environmental risk analysis for exploration well 30/11-15 Krafla Midt Statfjord (Figure 1). The analysis is performed in accordance with the Management regulation (§17) and Metode for miljørettet risikoanalyse (ERA Acute). The environmental risk analysis is based on stochastic oil drift simulations in accordance with the document Best Practice for set up of oil drift simulations for standard environmental risk analysis. Contingency modelling has also been carried out in Oscar.

The well will be drilled through an upper oil layer, before penetrating the underlying gas reservoir. Expected blowout rates are considerably higher from the oil layer, than from the gas layer. Hence, the defined situation of hazard and accident (DSHA) is a blowout from the oil layer with Oseberg Sør crude. Oseberg Sør is a paraffinic oil with only a small content of asphaltenes, and a high content of wax. The oil will form stable emulsions, but breakable on mechanical influence.

The probability of an oil blowout during drilling is $1.01\text{E}-04$ (0.0101 %). This corresponds to one blowout per 9 900 drilled well.

Which areas may be affected by a blowout from 30/11-15 Krafla Midt Statfjord?

The shortest distance to the shoreline is approx. 133 km to Øygarden in the county of Vestland.

Influence areas of oil drift can be defined by performing stochastic oil drift simulations. These are statistical images of the special distribution of oil based on all the single simulations performed. The area is calculated by placing the single simulations on top of each other and extracting all map grid cells who have more than 5% probability of being hit by oil above a defined threshold value.

The threshold values are 2 micrometers for sea surface (sea birds and mammals), 1 tonne oil per 10×10 km map cell for shoreline and 58 ppb total oil concentration for water column (fish egg and larvae).

The results are presented for two seasons: winter (September-February) and summer (March -August).

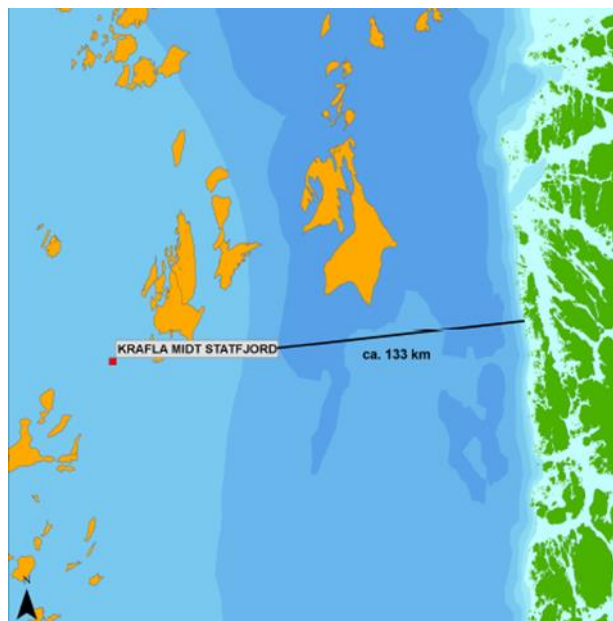


Figure 1. Location of exploration well 30/11-15 Krafla.

Method: A representative number of stochastic oil drift simulations have been performed for blowout rates from 440 to 22 408 m³/d and durations from 1.3 to 70.9 days. A total of 12 000 blowouts have been simulated.

The oil drift model OSCAR (version 11.0.1) has been used with a 4x4 km 3D current data /daily mean) and 10x10 km wind data (every 3rd hour) from the period 2010 -2019.

The influence areas for oil on the sea surface are illustrated in Figure 2. Areas with more than 5%, 10%, 20%, 50% and 70% probability for oil above the threshold value ($2 \mu\text{m}$) is illustrated with different colours.

The influence areas on the sea surface covers areas in the North Sea and Norwegian Sea. In the water column, an area of up to approx. 120 km from the blowout location have oil concentrations above 58 ppb. The influence area for the shoreline affects map grid cells along the coastlines from Rogaland to Trøndelag, and part of Nordland.

Given a blowout, probabilities for beaching along the coast has been calculated to 100% in the winter and 87 % during summer. The shortest drift time and largest amounts of beached emulsion represented by the 95 percentiles, are 6 and 8 days and 27 349 and 23 662 tonnes, respectively during winter and summer. Eight NOFO prioritized areas for oil spill response have more than 5% probability of stranding and drift time shorter than 20 days.

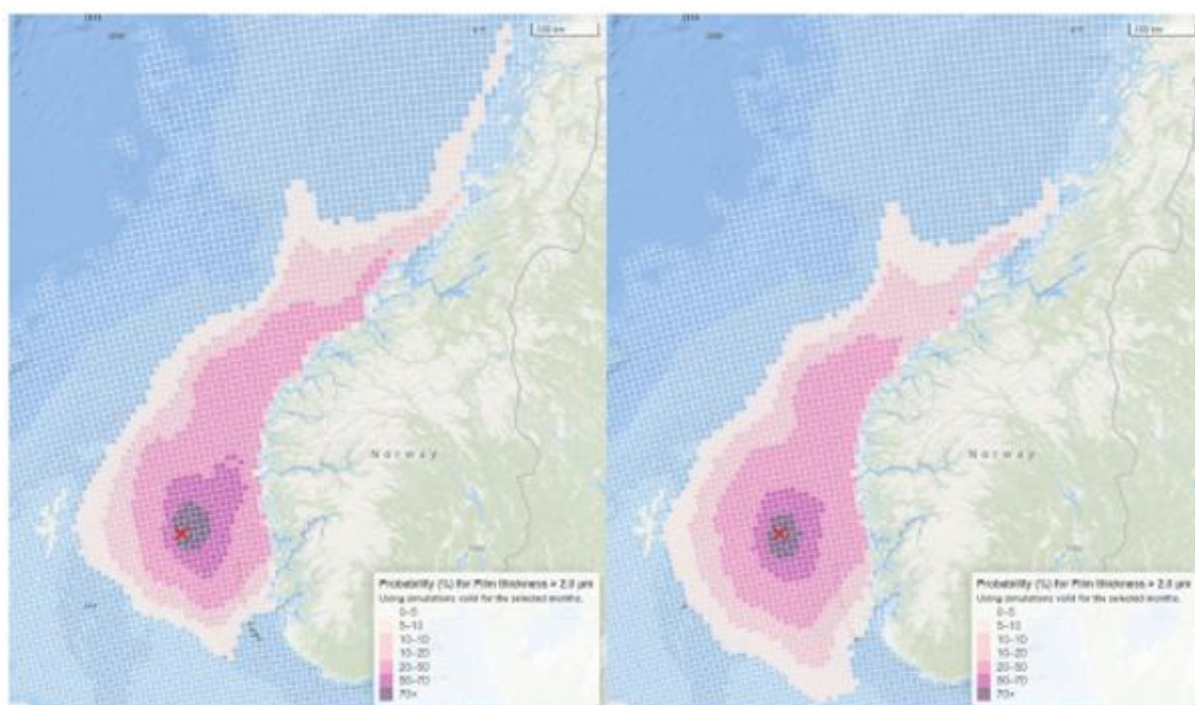


Figure 2. Influence areas for the sea surface given a blowout during winter (left) and summer (right).

What are the environmental consequences of a blowout from the exploration well?

Pelagic seabirds, sand eel and shoreline habitats have the highest potential for environmental damage in the event of a blowout.

The highest calculated environmental damage during the year for sea mammals, seabirds, fish, and shoreline is illustrated in Table 1. The table shows damage in the most serious (worst) environmental damage category. A limit of 1% conditional probability (i.e., probability if a blowout or accidental release has taken place) has been set for each damage category.

Northern gannet, Atlantic puffin and Northern fulmar has the highest population loss of the pelagic species, with highest calculated average population loss of 6% and a maximum population loss of 54%. For seabirds and marine mammals damage are registered in the category *severe* during large part of the year, with highest probability in March and November (Table 1, top). The loss for coastal seabirds lower, with an average population loss less than 2% and maximum above 30% during the autumn and winter for the common scoter. The population loss for harbour and grey seals are considerably lower with an average well below 1% and a maximum of 6%.

Method: Population loss, environmental damage and environmental risk is calculated with ERA Acute Software v. 1.1.2.3 (core calculator v. 2.11.3)

Data sets describing the presence of sea birds, marine mammals, fish, and shoreline habitats has been analysed.

The primary data sources are SEATRACK/NINA, Institute of Marine Research and MRDB (Marine Resource Database).

Colony-specific analyses for the most affected sea bird colonies has been performed in the breeding period March- August. The results show relatively large losses and illustrate that it will be important to hinder oil from drifting towards Runde in the breeding period.

Sand eel on is the most the vulnerable fish species with highest damage in the period February – June (Table 1, centre). The well location is approx. 10 km from the Sand eel habitat at Vikingbanken, and the influence area of oil in the water column overlaps with the area. Average larval loss is 17%, with 95 percentiles between 69 and 72%. It is between 9-13% probability of an outcome in the *moderate* damage category (Table 1, middle). Modelling of oil spill contingency indicates that that mechanical recovery may reduce the larvae loss considerably, on average with around 45% if all systems are dedicated to mechanical recovery. The influence area of oil in the water column overlaps with the spawning areas of several other important fish stocks, but as their spawning areas extend over large parts of the North Sea, the overlap is limited, and it is evaluated that a blowout will cause little measurable damage to these stocks.

For shoreline fauna, the average influenced coastline length, is calculated to 284 km, and 48 km for shoreline flora. There is up to 1.8% conditional probability for environmental damage categorized as *catastrophic*, calculated for shoreline flora during October, and between 1.2 and 1.6% during the rest of the year. Shoreline fauna also has more than a 1% probability of *catastrophic* damage, except for April and May where there is an impact in the category *major*, but with a somewhat lower probability than flora.

The environmental risk for birds, mammals and fish is placed within the green sector in Equinor's environmental risk matrix, and within yellow sector with regards to shoreline flora and fauna (Figure 3). Fish (sand eel spawning area of Vikingbanken) is adjusted from category *moderate* to category

serious, as Vikingbanken is assumed to be an isolated spawning area and thus considered especially vulnerable.

Table 1. Illustration of the highest calculated environmental damage for seabirds and marine mammals (top), fish (mid) and shoreline habitat (bottom) given a blowout at the Krafla exploration well. Only damage in the most serious (worst) damage category with a conditional probability above 1% per month is shown.

Seabirds and sea mammals

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig												
Liten												
Moderat									1	1		
Alvorlig								3				
Svært Alvorlig	7	7	8	3	6	7	7				8	7
Stor												
Katastrofal												
Bestand	Havsule	Havsule	Havsule	Havhest	Lunde	Havhest	Havhest	Havsule	Havsule	Havsule	Havsule	Havsule

Fish

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig	100							100	100	100	100	100
Liten												
Moderat		13	12	11	9	10	11					
Alvorlig												
Svært Alvorlig												
Stor												
Katastrofal												
Bestand	N/A	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Torsk og NVG sild	N/A	N/A	N/A	N/A

Shoreline

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig												
Liten												
Moderat												
Alvorlig												
Svært Alvorlig												
Stor												
Katastrofal	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.6
VØK	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat								
5/ Alvorlig		V						
6/ Svært alvorlig	O							
7/ Stor								
8/ Katastrofal	K							
9/ Ekstrem								

Figure 3. Risk matrix for the most affected valuable ecosystem components in each resource group (compartment): surface (O), shoreline (K) and water column (V) for blowouts at Krafla. The presented environmental risk is based on average damage per year. Fish (sand eel spawning area of Vikingbanken) is adjusted from calculated category moderate to category serious.

Oil spill contingency modelling

Modelling of oil spill contingency has been performed with OSCAR to examine the effect of various preparedness alternatives on environmental damage and risk. Mechanical recovery, chemical dispersion, and a combination of the two have been investigated.

All the response options reduce stranding emulsion and environmental damage to seabirds, fish and shoreline habitat, except for the response option with chemical dispersal only, which increases larval loss for sand eel. For seabirds, there is around 40-50% reduction in population loss with all three oil spill response options. For fish, there is 45% reduction in larvae loss for the response option with mechanical recovery only and 42% increase in larvae loss for the response option with chemical dispersion only. For shoreline, the oil spill response with chemical dispersion only resulted in the greatest environmental benefit, with around 35% reduction in injured shoreline length for fauna and 50% for flora.

Illustrated in Equinor risk matrix, the consequence reductions of the different oil spill response options are that the environmental damage is moved to a lower damage category (seabirds) and/or moved to a lower frequency interval (seabirds, fish, and shoreline habitat).

FORKORTELSER OG DEFINISJONER

ALARP As low as reasonably practical: prinsipp som benyttes ved vurdering av risikoreduserende tiltak. Risikoreduserende tiltak skal implementeres med mindre den tilhørende kostnaden eller gjennomførbarheten er urimelig i forhold til risikoreduksjonen.

BA Beredskapsanalyse for akuttutslipp av olje.

Barriere Tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer som enkeltvis eller til sammen skal redusere muligheten for at konkrete feil, fare- og ulykkessituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulempen.

DFU Definerte fare- og ulykkeshendelser.

Eksempelområder for oljevern Prioriterte kystområder forhåndsdefinert som dimensjonerende for oljevernberedskapen. Disse er karakterisert ved at de ligger i ytre kystsone, har høy tetthet av miljøprioriterte lokaliteter og som også på andre måter setter strenge krav til oljevernberedskapen.

ERA Acute Metode for miljørisikoberegninger for akutte oljeutslipp.

ESI Environmental Sensitivity Index. En indeks som rangerer strandlinjen i ti hovedklasser basert på hvor sårbar den vil være for olje. Rangeringen baserer seg på eksponering, biologisk produktivitet og sensitivitet, substrattype, helningsgrad og arbeidsomfang tilknyttet opprydding, strandsanering og restaurering. En rangering på 1 representerer strandhabitat (type) som er minst sårbare for olje (og 10 mest sårbar).

GOR Gass/oljerate.

HI Havforskningsinstituttet.

Influensområde Influensområdene for olje på sjøoverflaten, i vannkolonnen og akkumulert på strandlinjen består av alle 10×10 km kartruter som har mer olje enn en viss grenseverdi i mer enn 5 % enkeltsimuleringene. Influensområder viser ikke omfanget av et enkelt oljeutslipp, men er en statistisk størrelse som er beregnet fra enkeltsimuleringer og som angir sannsynligheten for at en kartrute vil bli berørt av mer olje enn grenseverdien *forutsatt* at en utblåsning finner sted.

IUA Interkommunalt Utvalg mot Akutt forurensning. Det interkommunale beredskapsamarbeidet som er delt inn i ulike IUA-regioner.

MDir Miljødirektoratet.

MEMW Marine Environmental Modelling Workbench. Programvarepakke fra SINTEF.

MRA (ERA) Miljørisikoanalyse (Environmental Risk Analysis). Risikoanalyse som vurderer risiko for ytre miljø.

NINA Norsk institutt for naturforskning.

NOFO Norsk oljevernforening for operatørselskap.

NOROG Norsk Olje og Gass (nå Offshore Norge). Forkortelsen OLF benyttes fremdeles for publikasjoner utgitt da organisasjonen het Oljeindustriens Landsforening.

NORSOK Norsk sokkels konkurranseposisjon. Et samarbeidsprosjekt mellom aktørene i olje-

industrien og myndighetene, mest kjent for NORSOK-standardene.

ODS Oljedriftsimulering.

OSCAR Oil spill contingency and response. Modul for oljedriftsimuleringer i programvarepakken MEMW 11.0.1 fra SINTEF.

PL Produksjonslisens.

Ptil Petroleumstilsynet.

RDF Ressursskedefaktor. Et mål på miljøskade som kombinerer effekt (f.eks. bestandstap) og konsekvens (f.eks. restitusjonstid).

Ressursskedefaktor Et mål på miljøskade som kombinerer effekt (f.eks. bestandstap) og konsekvens (f.eks. restitusjonstid).

Restitusjonstid Tiden det tar fra et oljeutslipp skjer og til restitusjon er oppnådd. Restitusjon er oppnådd når bestanden eller habitatet er tilbake på tilnærmet samme nivå som før oljeutslippet.

SEAPOP (avledet fra engelsk seabird populations) er et overvåkings- og kartleggingsprogram for norske sjøfugler.

SEATRACK (modul av SEAPOP) Overvåkingsprogram for kartlegging av arealbruk utenfor hekkesesongen for norske sjøfuglbestander og bestander fra våre naboland som kommer inn i norske havområder.

Skadekategorier Kategorisering av miljøskader i MRA analyser på grunnlag av ressursskedefaktor.

SVO Særlig verdifulle områder.

THC Total Hydrocarbon Concentration. Total mengde hydrokarbon - inkluderer både dispergert olje og løste komponenter.

Vektet utblåsningsrate/-varighet Sannsynlighetsvektet gjennomsnitt av hhv. utblåsningsrate og -varighet.

VØK Verdsatt økosystemkomponent. En bestand og/eller et habitat som oppfyller et sett spesifikke definisjoner og prioriteringskriterier.

INNHold

Godkjenningstabell	2
Versjonshistorikk	3
Sammendrag	4
Summary	9
Forkortelser og definisjoner	14
Innhold	17
1 Introduksjon	18
1.1 Planlagt aktivitet	18
1.1.1 Definert fare- og ulykkeshendelse	20
1.2 Oljens forvitringsegenskaper	20
1.3 Risikomatrise	21
2 Områdebeskrivelse	22
3 Metoder	26
3.1 Oljedriftsimuleringer	26
3.2 Miljørisikoanalyse	26
3.2.1 Verdsatte økosystemkomponenter	29
4 Resultater fra oljedriftsimulering	31
4.1 Influensområder	31
4.1.1 Illustrasjon av en enkeltsimulering	35
4.2 Strandingsstatistikk	38
5 Resultater for miljørisikoanalyse	40
5.1 Miljøskade	40
5.1.1 Resultater for sjøfugl på åpent hav	40
5.1.2 Resultater for sjøfugl ved kysten	45
5.1.3 Resultater for sjøpattedyr	48
5.1.4 Resultater for fisk	50
5.1.5 Resultater for strandhabitat	54
5.2 Miljørisiko	60
6 Oppsummering og konklusjon	67

7 Modellering av beredskap i Oscar	68
7.1 Dimensjonerende hendelse og beredskapsbehov	68
7.2 Metode	68
7.3 Resultater	71
7.3.1 Massebalanse	71
7.3.2 Strandingsstatistikk	73
7.3.3 Miljøskade	74
7.3.4 Effekt av beredskap i kystsonen og strandrensing	81
7.3.5 Miljørisiko	81
Referanseliste	89
A Vedlegg: Modellering av beredskap i Oscar	90
B Vedlegg: Resultater	100
B.1 Strandingsstatistikk for prioriterte områder	100
C Vedlegg: Parametere benyttet i ERA Acute analysen	101
C.1 Sjøfugl og sjøpattedyr	101
C.2 Strandhabitat	104
C.3 Fisk	105
C.4 Oversikt geografiske bestander	109
C.5 Blowout Scenario Analysis - Krafla Midt Statfjord	110

1 INTRODUKSJON

Denne rapporten er utarbeidet av IKM Acona AS, på oppdrag for Equinor. Rapporten inneholder følgende analyser: (1) stokastiske oljedriftsimuleringer, (2) miljørisikoanalyse og (3) modellering av oljevernberedskap.

Analysene er utført i samsvar med Styringsforskriften (paragraf 17), metode for miljørettet risikoanalyse (ERA Acute, Norsk olje og gass 2019) og dokumentet Beste Praksis for oljedriftsimuleringer utarbeidet for Offshore Norge (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020).

1.1 PLANLAGT AKTIVITET

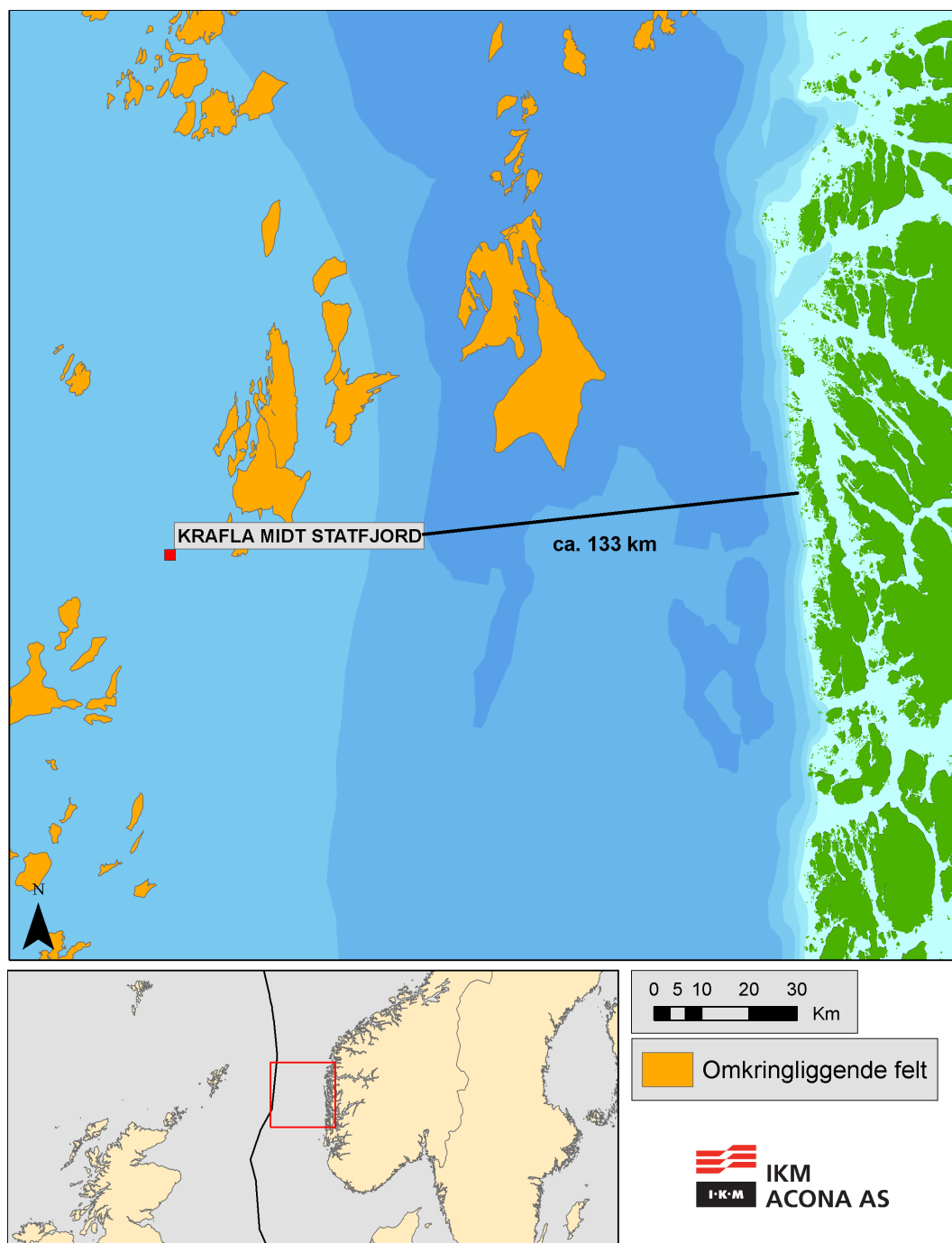
Equinor planlegger å bore letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord i Nordsjøen. Boringen går først igjennom et øvre oljelag Brent (Tarbert), for så å gå inn i et nedre gasslag, Statfjord. Boringen i olje- og gasslaget innebærer ulik utblåsningsfrekvens med $1.01\text{E-}04$ for oljebrønn og $1.44\text{E-}04$ for gassbrønn. Forventede rater ved utblåsning fra oljeboringen er betydelig høyere enn forventede rater ved utblåsning fra boringen i gasslaget, henholdsvis vektet rate på $9100 \text{ Sm}^3/\text{d}$ og $500 \text{ Sm}^3/\text{d}$ med lik vektet varighet (16.3 dager). Utblåsning i forbindelse med boring i oljelaget er derfor valgt som den dimensjonerende hendelse for miljørisikoanalysen og vil være konservativt gjeldende ved en utblåsning under boring i gasslaget.

Korteste avstand til land er ca. 133 km, til Øygarden i Vestland fylke. Havdypet på lokasjonen er 107 meter (MSL). Brønnlokasjonen er vist i figur 1.1.

Viktige inngangsdata for aktiviteten er presentert i tabell 1.1.

Tabell 1.1: Viktige inngangsdata i miljørisikoanalysen for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.

Parameter	Verdi
Breddegrad (ED50 UTM31)	60.2152
Lengdegrad (ED50 UTM31)	2.4981
Vanndybde (m)	107
Avstand til land (km)	133
Oljetype	Oseberg Sør
Oljetetthet (kg/m^3)	839
GOR (Sm^3/Sm^3)	100
Tid for boring av avlastningsbrønn (d)	70.9
Sannsynlighetsfordeling top/sub (%)	0.25/0.75
Utblåsningsfrekvens	$1.01\text{E-}04$



Figur 1.1: Beliggenheten til letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord og omkringliggende felt.

1.2. Oljens forvittringsegenskaper

1.1.1 DEFINERT FARE- OG ULYKKESHENDELSE

Den definerte fare- og ulykkeshendelsen (DFU) som legges til grunn for analysene er en utblåsning, karakterisert av tre ulike statistikker: (1) sannsynligheten (frekvensen) for en utblåsning, (2) sannsynlighetsfordelingen mellom sjøbunns- og overflateutblåsning, og (3) sannsynlighetsfordeling av utblåsningsrater og -varigheter.

Rate- og varighetsfordelingene benyttet i analysene er vist i tabell 1.2. Dataene er aggregert fra rate- og varighetsmatrisen i utblåsningsstudiet (Equinor 2022) ihht. Beste Praksis for oppsett av stokastiske oljedriftsimuleringer for bruk i miljørisikoanalyser (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020).

Sannsynligheten for en utblåsning er $1.01E-04$ (Equinor 2022). Gitt at en utblåsning finner sted, er sannsynlighetsfordelingen mellom sjøbunns- og overflateutblåsning hhv. 0.75 og 0.25.

Vektet utblåsningsrate og -varighet for en utblåsning (overflate- og sjøbunn) er hhv. $9100 \text{ S m}^3/\text{d}$ og 16.3 dager. Vektet utblåsningsrate og -varighet er hhv. $9300 \text{ S m}^3/\text{d}$ og 15.6 dager for overflateutblåsning og $9000 \text{ S m}^3/\text{d}$ og 16.5 dager for sjøbunnsutblåsning.

Lengste utblåsningsvarighet på 70.9 døgn er tiden det tar å bore en avlastningsbrønn, og inkluderer tid til avgjørelser, mobilisering av rigg, transitt, oppankring, boring, geomagnetisk styring og dreping av brønnen.

Tabell 1.2: Rate- og varighetsmatrisen for utblåsninger ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Dataene er aggregert fra rate- og varighetsmatrisen oppgitt i Equinor (2022).

Utslipspunkt		Rater		Sannsynlighet for varighet				
Dybde	Sanns. (%)	Sm ³ /døgn	Sanns. (%)	1.3 dager	6.2 dager	31.2 dager	63 dager	70.9 dager
Overflate	25	504	30	48	26	11	9	6
Overflate	25	5382	16	48	26	11	9	6
Overflate	25	7834	12	48	26	11	9	6
Overflate	25	13684	24	48	26	11	9	6
Overflate	25	22408	18	48	26	11	9	6
				2.5 dager	12.9 dager	42 dager	63 dager	70.9 dager
Sjøbunn	75	440	30	53	24	13	6	4
Sjøbunn	75	5797	16	53	24	13	6	4
Sjøbunn	75	7831	12	53	24	13	6	4
Sjøbunn	75	12785	24	53	24	13	6	4
Sjøbunn	75	21954	18	53	24	13	6	4

1.2 OLJENS FORVITRINGSEGENSKAPER

Oseberg Sør beskrevet av SINTEF (2013) er valgt som referanseolje for letebrønnen Krafla Midt Statfjord. Referanseoljen er valgt på bakgrunn av områdenærhet og at et potensielt oljefunn

antas å ha lignende fluidegenskaper.

Oseberg Sør er en parfinsk olje som inneholder svært lite asfaltener samtidig som den har høyt voksinnhold. Den ferske oljen har høyt stivnepunkt (6° C). Oljen vil emulgere vann raskt med et maksimalt vanninnhold på 61% ved vintertemperatur (5° C) og 65 % ved sommertemperatur (13° C). Emulsjoner som dannes vil være stabile, men vil brytes ved mekanisk påvirkning.

1.3 RISIKOMATRISE

Aktiviteten ved Krafla Midt Statfjord er vurdert ved hjelp av Equinors risikomatriser i kapittel 5.2. I ERA Acute er det anbefalt å benytte ressurskskedefaktoren (RDF) som mål på miljøskade i forbindelse med beregning og vurdering av miljørisiko. Enheten for RDF er bestands-år og km-år.

En risikomatrise er et diagram for å oppsummere og beskrive risiko i to dimensjoner (figur 1.2). Skadekategorien er oppgitt på y-aksen og tilhørende sannsynlighet for skaden på x-aksen. Sannsynligheten for skaden er frekvensen til hendelsene (DFU-ene) multiplisert med sannsynlighet for at skaden oppstår, gitt at hendelsen har funnet sted.

Fargeforklaring til Equinors risikomatrise er som følger:

- RØD: Risiko tolereres ikke og risikoreduserende tiltak må iverksettes så raskt som mulig
- ORANSJE: Risiko tolereres generelt ikke og risikoreduserende tiltak skal iverksettes
- GUL: Risiko kan tolereres dersom det er vurdert og iverksatt risikoreduserende tiltak basert på ALARP-prinsippet (As Low as Reasonably Practible), BAT-prinsippet (Best Available Technology) e.l.
- GRØNN: Risiko er innenfor toleransegrensen og risikoreduserende tiltak er normalt sett ikke nødvendig. ALARP-prinsippet gjelder også her.

	Økende sannsynlighet --->							
Økende miljøskade ←----								

Figur 1.2: Illustrasjon av en risikomatrise.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

I dette kapittelet følger en beskrivelse av viktige områder for verdsatte økosystemkomponenter (VØK) som kan være sårbare ved oljeutslipp ved Krafla Midt Statfjord. Områdene er vist i kart i figur 2.1. Se forøvrig beskrivelse av verdifulle og sårbare områder i Helhetlig forvaltningsplan for de norske havområdene (Klima- og miljødepartementet 2020).

VIKINGBANKEN ligger sentralt i Nordsjøen og er definert som SVO (særlig verdifullt og sårbart område) på grunn av områdets viktige betydning som leve- og gyteområde for tobis. Tobis er et samlebegrep for flere arter innen silfamilien. Artsgruppen holder til på sandbunn hvor fiskene lever nedgravd store deler av året. Tobis har strenge krav til bunnsubstrat (grov sand), noe som begrenser utvalget av egnede leveområder og gjør artsgruppen sterkt stedbunden. Tobis er et viktig bindeledd i økosystemet i Nordsjøen ved at den spiser dyreplankton og deretter selv er føde for en rekke arter fugl, sjøpattedyr og fisk.

BOKNA, JÆREN OG KARMØY Jærkysten er viktig hekke-, beite-, myte-, trekk- og overvintringsområde for sjøfugl. Sanddynene på Jærstrendene er av internasjonal verdi og er en samlingsplass for vadefugler som hviler og beiter langs strendene under trekkperioden. Jærstrendene er også viktig fordi området representerer en overgangssone mellom Skagerrak sub-provins og Vestnorsk sub-provins. Jærkysten ble opprettet som marint verneområde i 2016 i tråd med nasjonal marin verneplan. Boknafjorden er et særegent område med store grunne partier med sand- og steinbunn. Området omfatter viktige kastelokaliteter for steinkobbe, og Kvitsøyområdet er viktig for arten gjennom hele året. Kjør er den sørligste kastelokaliteten for havert i Norge og kolonien her teller 250 - 300 dyr. Området utenfor Karmøy huser svært viktige hekkepopulasjoner av kystbundne sjøfuglarter. De kystbundne artene bruker havområdet opptil 60 km utenfor kolonien som beiteområde i hekketiden og dekker således store områder av Boknafjorden. Området er også viktig for kystbundne arter om vinteren. Karmøyfeltet har tradisjonelt vært gyteområde for norsk vårgytende sild og retensjonsområde (oppsamlingsområde) for egg og larver. Det er av den grunn definert som SVO-område.

KORSFJORDEN er definert som et SVO-område på grunn av områdets betydning for biologisk mangfold. Området er også foreslått vernet i nasjonal marin verneplan.

BREMANGER TIL YTRE SULA Området er viktig for sjøfugl som hekke-, beite-, myte-, trekk- og overvintringsområde samt kasteområder for steinkobbe. Området inneholder fuglereservater (Frøyskjæra, Ytterøyane, Kvalsteinane, Håsteinen, Gåsvær, Indrevær, Utvær og Smelvær) som omfatter viktige hekkelokaliteter og kolonier for mange kystbundne og pelagiske arter. Området anses som sårbart gjennom hele året og er av NINA vurdert som spesielt sårbart for sjøfugl om vinteren. Askvoll og Solund kommune har flere kasteplasser for steinkobbe. Bremanger-Ytre Sula er definert som SVO-område i Helhetlig forvaltningsplan for de norske havområdene.

RUNDE Runde er et svært betydningsfullt område for kolonihekkende sjøfugl. Lunde er den mest tallrike arten, men fuglefjellet er også viktig for lomvi, krykkje, alke, havhest, havsule og toppskarv. De pelagiske artene beiter i havområdet ut til 100 km utenfor kolonien i hekketiden (NINA 2008). Havområdet rundt Runde er også svært viktig om våren, da hekkefuglene ankommer koloniene, og høsten da mytende fugl og flygeudyktig ungfugl ligger på sjøen (NINA 2007).

EGGAKANTEN Eggakanten angir grensen mellom kontinentalsokkelen og dyphavet og inkluderer kontinentalskråningen. Området er definert som SVO-område i Helhetlig forvaltningsplan for de norske havområdene. Avstanden til kysten varierer betraktelig, og Eggakanten ligger nærmest norskehavskysten i Sunnmøre og utenfor kysten av Vesterålen/Lofoten og Andøya. Atlanterhavsstrømmen og kyststrømmen bringer opp næringsrikt vann fra dyphavet langs kanten, noe som gir høy produksjon av plante- og dyreplankton. Området fungerer som transportområde for gyteprodukter og er et viktig beiteområde for bardehval, spermhval og pelagisk sjøfugl som alkefugl, havhest og krykkje. Dypvannsfisk som uer, snabeluer, blåkveite og vassild har gyteområder langs ulike deler av Eggakanten (se figur 5.8 for en illustrasjon av viktige gyteområder). Blåkveite gyter i vintermånedene og uer gyter på våren (april til mai). Vassild har også hovedgyting om våren, men gyter over en lenger tidsperiode enn de andre artene.

Eggakanten har høy tetthet av korallrev og svamptilstand og kartlegging av havbunnen har avdekket at det kan finnes flere potensielt nye naturtyper og kandidater til ansvarsarter for Norge i området.

MØREBANKENE Mørebankene SVO er hovedgyteområde for norsk vårgytende sild og svært viktig gyteområde for nordøstarktisk torsk og nordøstarktisk sei. Om våren og sommeren er det stor tetthet av fiskelarver og -yngel på bankene noe som er avgjørende for hekkesuksessen til sjøfuglarter som lunde, lomvi og krykkje da disse artene i liten grad kan nyttiggjøre seg voksenalderen som matkilde. Spekkhogger er tilknyttet Mørebankene tidlig på våren, når silden gyter, og området er et viktig beiteområde for sjøfugl som beiter på pelagiske fiskearter.

Sandøy er et viktig kaste- og leveområde for steinkobbe (Henriksen, G. & Røv, N. 2004.).

FRØYA, FROAN OG SMØLA Øygruppen Froan er et av de viktigste marine verneområdene i Norge. Øygruppen består av Froan naturreservat og landskapsvernområde med tilhørende dyrelivsfredning. Området er svært viktig som hekke- og overvintringsområde for kystbundne sjøfuglarter, med blant annet flere store hekkekolonier av storskarv og teist. Både steinkobbe og havert har betydelige kastekolonier på øygruppa, og mer enn halvparten av Norges havertpopulasjon kaster ungene sine her. SVO-området inkluderer sokkelområdet, fra kysten og ut til og med Sularevet (Froan-Sularevet). Området er kandidat område for nasjonal marin verneplan med formål å ta vare på verneverdier som er representative for den indre del av midtnorsk sokkel. Det er utarbeidet en egen forvaltningsplan for Froan. Området rundt Smøla inneholder flere viktige hekke- og overvintringsområder for kystbunden sjøfugl som toppskarv, storskarv,

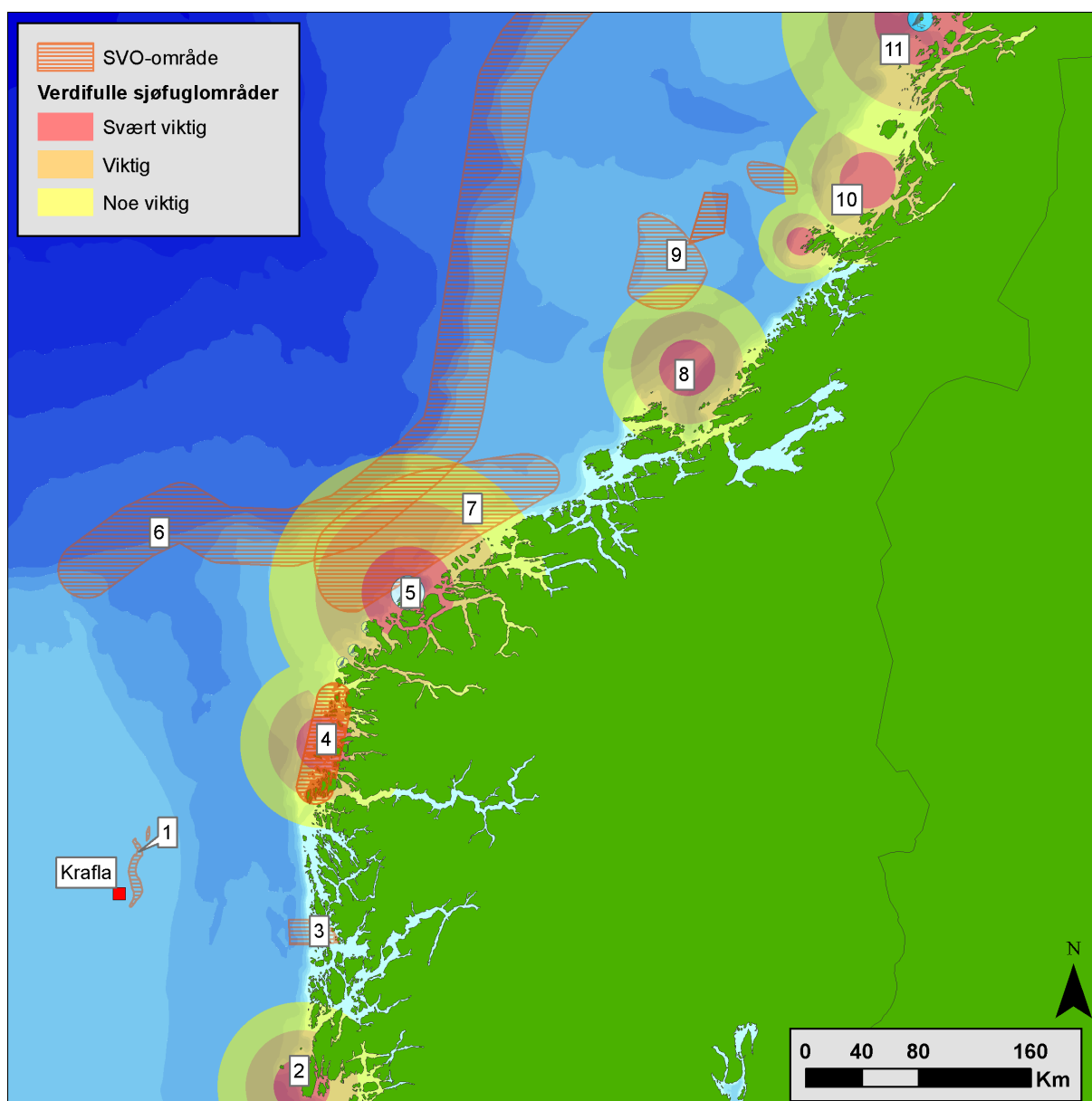
2. Områdebeskrivelse

ærfugl og sildemåke. Smøla inneholder også flere viktige kasteområder for steinkobbe og området er spesielt viktig i vinter- og vårsesongen.

HALTENBANKEN Bankområdet vest for Vikna i Trøndelag er spesielt viktig som gyte- og tidlig oppvekstområdet for norsk vårgytende sild og sei. Området er også et høyproduktivt retensjonsområde (oppsamlingsområde) for drivende fiskeegg og -larver. Bankområdet er også et viktig beiteområde for fugl som beiter på pelagiske fiskearter og danner derfor grunnlaget for et rikt fugleliv. Haltenbanken er SVO-område.

VIKNA OG SØMNA Vikna og Sømna er viktige hekke- og overvintringsområder for kystbundne sjøfugl. Områdene har hekkebestander av toppskarv, storskarv, ærfugl og måker. I hekkeperioden bruker de kystbundne artene havområdet opptil 60 km utenfor kysten som beiteområde, og området innenfor denne radiusen er således viktig og sårbart. Vikna-arkipelet og Sømna er også viktig for kystbundne arter i høst- (myteperiode) og i vårsesongen (trekk mot hekkeområder).

LOVUND OG LUNDEURA Naturreservatet i Lurøy kommune har sin største verdi tilknyttet lundekolonien i Lundeura og er fredet for å ivareta hekkeområdet med det tilknyttede plante- og dyrelivet. I tillegg til Lundeura er Lovund hekkested for alke, krykkje og toppskarv. Også andre sjøfuglarter, som ærfugl, tjeld, måker, teist og terner har bestander på Lovund og de omkringliggende øyene. Lovund Naturreservat har vært fredet siden 2002 og ivaretas av Fylkesmannen i Nordland.



Figur 2.1: Viktige områder for verdsatte økosystemkomponenter som kan være sårbare ved oljeutslipp ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. (1) Vikingbanken (2) Bokna, Jæren, Karmøy (3) Korsfjorden (4) Bremanger til Ytre Sula (5) Runde (6) Eggakanten (7) Mørebankene (8) Frøya, Froan og Smøla (9) Haltenbanken (10) Vikna og Sømna (11) Lovund og Lundeura.

3 METODER

Påfølgende kapitler gir en kort oversikt over metoder og inngangsdata. Metodikk for ERA Acute er beskrevet av Acona (2015), DNV (2015), SINTEF og DNV GL (2015) og Stephansen et al. (2021). Alle rapportene er tilgjengelig på Offshore Norge sine nettsider og Springer Nature (<https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/48711>).

3.1 OLJEDRIFTSIMULERINGER

Oljens fysiske utbredelse er estimert vha. stokastiske oljedriftsimuleringer (ODS) med programvaren Oil Spill Contingency And Response (OSCAR) (SINTEF 2019), en del av programvarepakken MEMW 11.0.1 fra SINTEF. Modellen er satt opp i henhold til *Beste Praksis* for oljedriftmodellering for ERA Acute miljørisikoanalyser (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020).

For utblåsning av olje er det modellert 50 utblåsningsscenarioer (unike kombinasjoner av utslippsdyp, -rate og -varighet) med totalt 12 000 enkeltsimuleringer.

Vind- og havstrømdata er fra hhv. NORA10 (2010-2019) og SVIM (2010-2019). Vinddataene har horisontal- og tidoppløsning på hhv. 10 km og 3 timer. Strømdataene har horisontal- og tidsoppløsning på hhv. 4 km og 1 dag.

3.2 MILJØRISIKOANALYSE

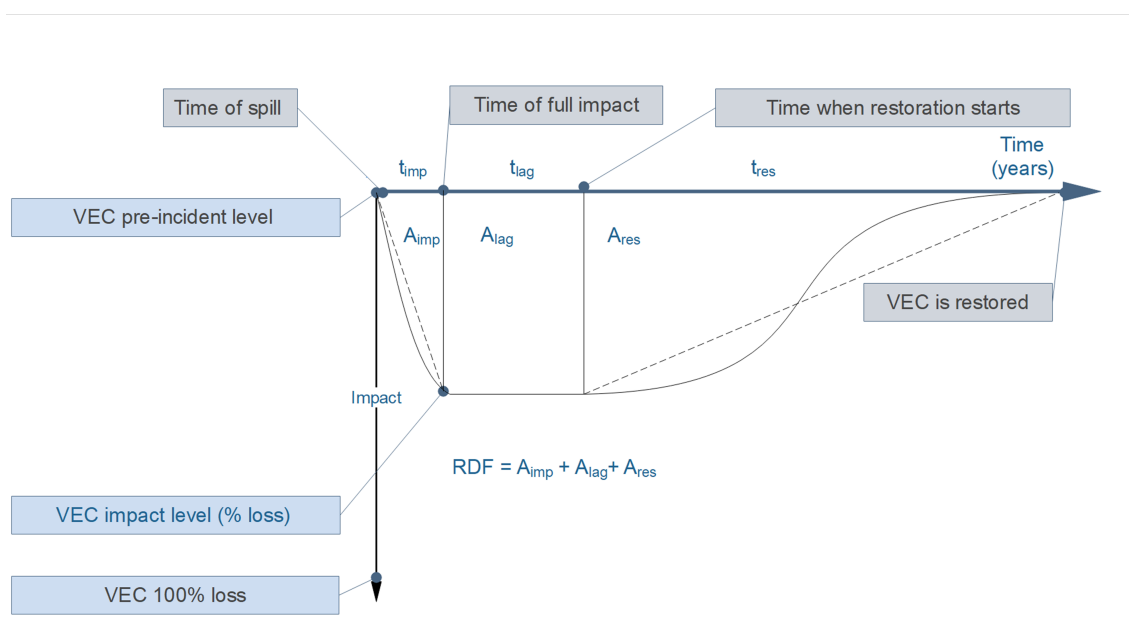
Miljørisikoanalysen er utført i henhold til Offshore Norges veiledning for gjennomføring av miljørisikoanalyser for petroleumsaktiviteten på norsk sokkel, ERA Acute (Norsk olje og gass 2020). Det er benyttet ERA Acute Programvare v.1.1.2.3 med kjernekalculator v. 2.1.1.3.

I en ERA Acute analyse beregnes det tre hovedendepunkter:

- Bestandstap, larvetap og lengde berørt strandlinje (effekt)
- Restitusjonstid (konsekvens)
- Ressursskedefaktor, RDF (miljøskade)

Ressursskedefaktoren (RDF) er et mål på miljøskade som kombinerer effekt og konsekvens (se figur 3.1) og benyttes i forbindelse med beregning av miljørisiko for å vurdere om operatørens kriterier for akseptabel skade på ytre miljø er oppfylt. Anbefalte kategorier for illustrasjon av de tre endepunktene er gitt i tabell 3.1, 3.2 og 3.3. En oversikt over parametere benyttet i analysen er gitt i vedlegg C.

Grenseverdiene for RDF-kategoriene er konstruert fra effekt- og konsekvenskategorier utarbeidet i samarbeid mellom operatørselskap og Offshore Norge (Acona, Akvaplan-niva og DNV GL 2020).



Figur 3.1: Illustrasjon av bruk av bestandstap, larvetap og berørt lengde strandlinje ("impact") og restitusjonstid ($t_{imp} + t_{lag} + t_{res}$) for å beregne ressurskade faktoren (RDF). VEC = Valuable Ecosystem Component. Kilde: Stephansen et al. (2021).

Tabell 3.1: Kategorier for presentasjon av beregnet effekt for VØK-er på sjøoverflate, vannkolonne og strandlinje.

VØK-gruppe	Enhet	Effektkategorier - bestandstap, larvetap og km berørt strandlinje						
		Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 4	Kat. 5	Kat. 6	Kat. 7
Sjøfugl, sjøpattedyr	%-bestandstap	0–1	1–5	5–10	10–20	20–30	30–50	50–100
Fiskeegg/ larver	%-larvetap	0–1	1–5	5–10	10–20	20–30	30–50	50–100
Strandhabitat, fauna (ESI 1-10)	km	0–1	1–50	50–250	250–500	500–1 000	1 000–2 000	>2 000
Strandhabitat, flora (ESI 8-10)	km	0–1	1–30	30–150	150–300	300–600	600–1 200	>1 200

Tabell 3.2: Kategorier for presentasjon av beregnet konsekvens (restitusjonstid) for VØK-er på sjøoverflate, vannkolonne og strandlinje.

VØK gruppe	Enhet	Skadekategorier - restitusjonstid						
		Kat. 1	Kat. 2	Kat. 3	Kat. 4	Kat. 5	Kat. 6	Kat. 7
Sjøfugl, sjøpattedyr og fisk	År	0–1	1–5	5–10	10–20	20–30	30–40	>40
Strandhabitat. Fauna og flora	År	0-1	1–3	3–5	5–7	7–9	9–11	>11

Tabell 3.3: Kategorier for presentasjon av beregnet skade (RDF) for VØK-er på sjøoverflate, vannkolonne og strandlinje.

VØK gruppe	Enhet	Skadekategorier - ressurskedefaktor						
		Ubetydelig	Liten	Moderat	Alvorlig	Svært alvorlig	Stor	Katastrofal
Sjøfugl, sjøpattedyr	bestands-år	0–10	10–50	50–100	100–200	200–400	400–800	>800
Fiskeegg/ larver	bestands-år	0–10	10–50	50–100	100–200	200–400	400–800	>800
Strandhabitat, fauna (ESI 1-10)	km-år	0–10	10–350	350–2 000	2 000–4 000	4 000–8 000	8 000–16 000	>16 000
Strandhabitat, flora (ESI 8-10)	km-år	0–5	5–150	150–750	750–1 500	1 500–3 000	3 000–6 000	>6 000

3.2.1 VERDSATTE ØKOSYSTEMKOMPONENTER

Viktige inngangsdata til miljørisikoomanalysen er verdsatte økosystemkomponenter (VØK). Det er benyttet siste oppdaterte datasett for alle VØK-grupper i analysen:

- Sjøfugl - Åpent hav: SEATRACK, 2021 (regionale bestander og kolonier)
- Sjøfugl - Kyst: NINA/SEAPOP, 2018
- Gyteområder: Havforskningsinstituttet, 2022
- Fiskelarver og -egg: Havforskningsinstituttet, 2018
- Sjøpattedyr (sel): MRDB, 2010
- Strandhabitat: Akvaplan-niva og DNV GL, 2019
- Tobis: Beste Praksis, 2021

Sjøfugldataene anvendt for denne rapporten omfatter to datasett: (1) Datasett for åpent hav som omfatter seks arter fra SEATRACK-programmet delt inn i fem bestander (Nordsjøen, Norskehavet, Barentshavet, Russland og Storbritannia) (Fauchald 2016; Fauchald et al. 2019, 2021; Seatrack 2019) og data for alke og havsule fra SEAPOP 2013, tilrettelagt i samråd med NINA. (2) datasett for kyst omfatter 41 arter der alle delt inn i nasjonale bestander (Systad et al. 2018).

Datasett for sjøpattedyr består av to arter, steinkobbe og havert, begge delt inn i tre regionale bestander. Fisk er delt inn to typer datasett: (1) Gyteprodukter for nordøstarktisk torsk og norsk vårgytende sild og (2) gyteområder til 13 utvalgte fiskebestander. Førstnevnte består av gyteprodukter for hhv. 15 og 12 årsklasser i perioden mellom 2000 og 2014. Det er også benyttet datasett over tobisområder, inkludert Vikingbanken og tobis SVO-områder i sørlige Nordsjøen. Disse er tilrettelagt for bruk i ERA Acute av Beste Praksis-gruppen (se vedlegg C.3).

Strandhabitatdata for ERA Acute er basert på ESI-klassifisering (Environmental Sensitivity Index) av ti ulike strandtyper (tabell 3.4) (Akvaplan-niva, DNV GL 2019).

Tabell 3.4: Oversikt over ESI-strandtyper i datasettet for norskekysten. Originale navn på ESI-kategoriene er gitt i parenteser.

ESI Rank	Beskrivelse av ESI strandhabitat (strandtyper)	Flora	Fauna
ESI 1	Ekspontert strandberg (exposed, rocky shores and cliffs with bolder talus base, man-made structures)		x
ESI 4	Sandstrand (coarse-grained sand beaches)		x
ESI 6	Steinstrand og ekspontert blokkstrand og ur (gravel beaches and riprap)		x
ESI 7	Ekspontert tørrfall (exposed tidal flats)		x
ESI 8	Beskyttet strandberg, klippe, menneskeskapt, blokkstrand og ur (sheltered, scarps in bedrock, mud, clay, rocky shores, solid, man-made structures, riprap, rocky rubble shores, peat shorelines)	x	x
ESI 9	Beskyttet tørrfall og leirstrand (sheltered tidal flats, vegetated low banks, hypersaline tidal flats)	x	x

4 RESULTATER FRA OLJEDRIFTSIMULERING

Resultatene fra de helårslige stokastiske oljedriftsimuleringene presenteres som influensområder og strandingsstatistikk for to perioder: vinterhalvår (september - februar) og sommerhalvår (mars - august). Strandingsstatistikk presenteres for hele kystlinjen og for eksempelområder for oljevern.

Influensområdene er basert på oljedriftberegninger for fullt utfallsrom, dvs. alle scenarioene i tabell 1.2, mens statistikk for stranding og grenseoverskridende utslipp er basert på oljedriftberegninger for dimensjonerende utblåsningsrate og -varighet for oljevernberedskap (Norsk olje og gass 2020).

Fullstendige resultater for strandingsstatistikk er gitt i vedlegg B.

4.1 INFLUENSOMRÅDER

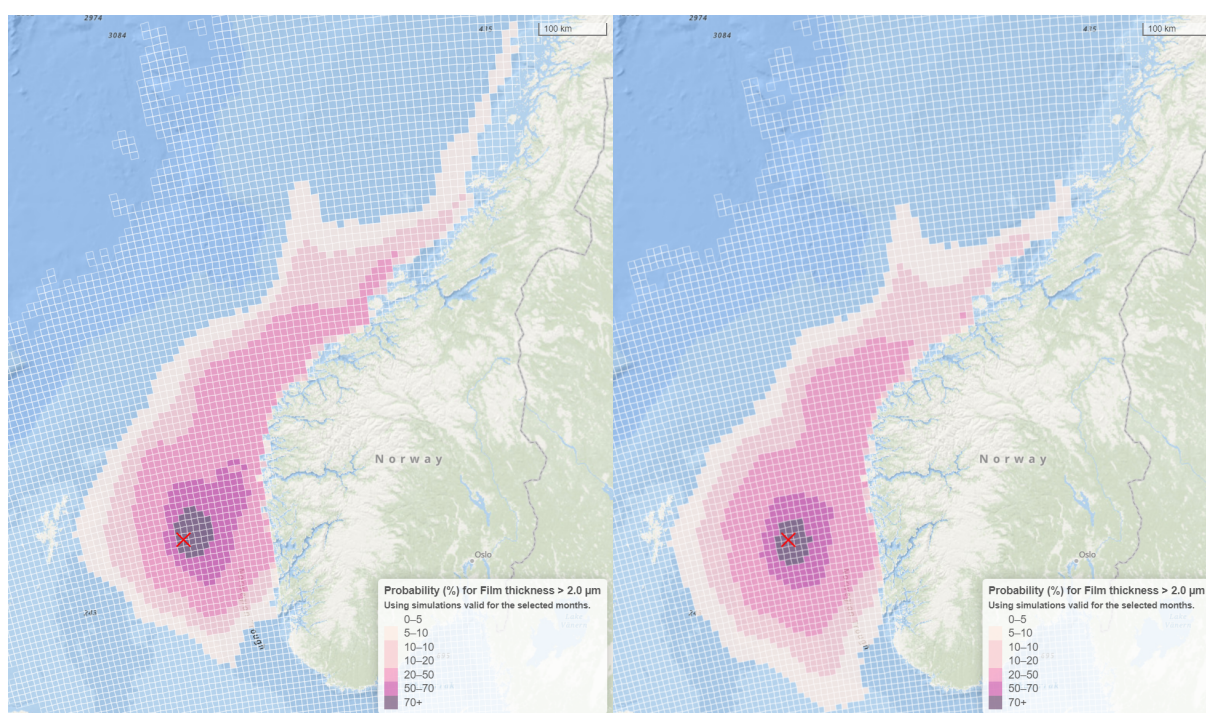
Influensområdene for olje på sjøoverflaten, i vannkolonnen og akkumulert på strandlinjen består av alle 10×10 km kartruter som har mer olje enn en viss grenseverdi i mer enn 5 % enkeltsimuleringene. Grenseverdien representerer nedre grense for miljøskade, og er 2 mikrometer for sjøoverflaten, 1 tonn per 10 × 10 km kartrute for strandlinjen¹ og 58 ppb THC (Total Hydrocarbon Concentration, oppløst og i dråpeform) for vannkolonnen. Merk at influensområdene ikke viser omfanget av et enkelt oljeutslipp, men er en statistisk størrelse som er beregnet fra enkeltsimuleringer og angir sannsynligheten for at en kartrute vil bli berørt av mer olje enn grenseverdien *forutsatt* at en utblåsning finner sted.

Kart over influensområder på sjøoverflaten er gitt i figur 4.1. Influensområdet strekker seg utover Nordsjøen og sørlige deler av Norskehavet.

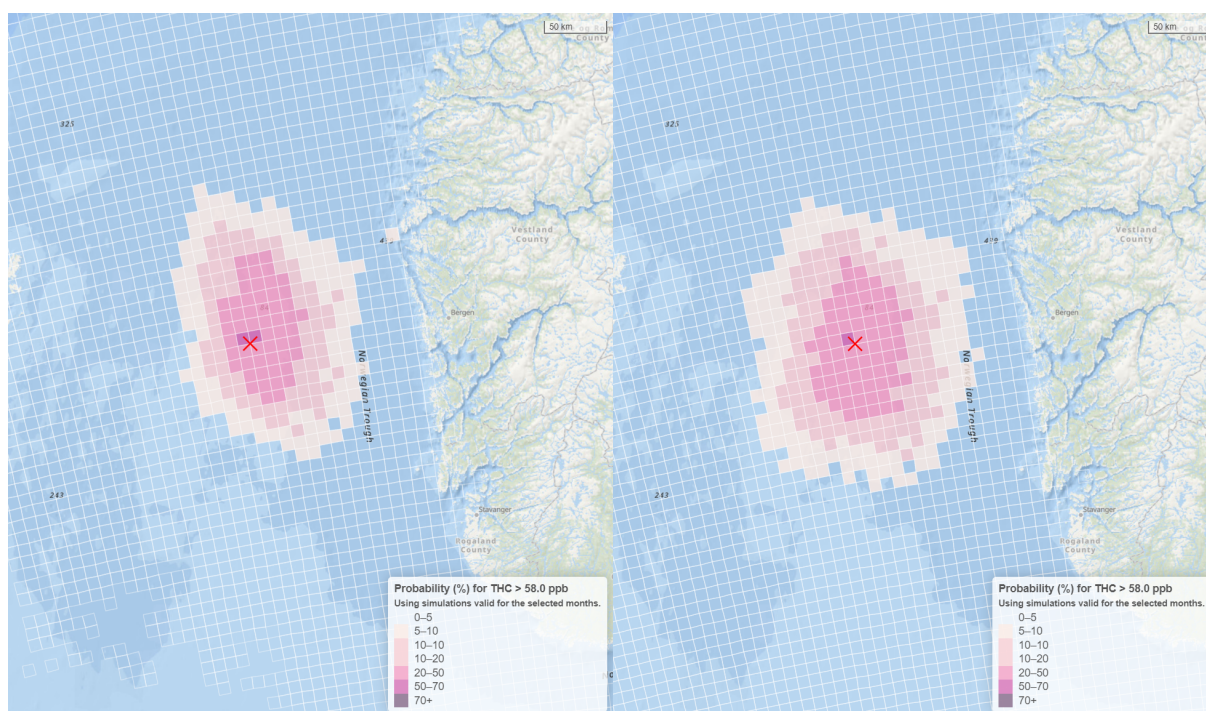
Kart over influensområder i vannkolonnen er gitt i figur 4.2. Influensområdet strekker seg opptil ca. 120 km fra utslippspunktet.

Kart over influensområder for strandlinjen er gitt i figur 4.3. Influensområdet strekker seg fra kysten av Rogaland, opp langs kysten av Vestland, Møre og Romsdal, Trøndelag og delvis Nordland fylke.

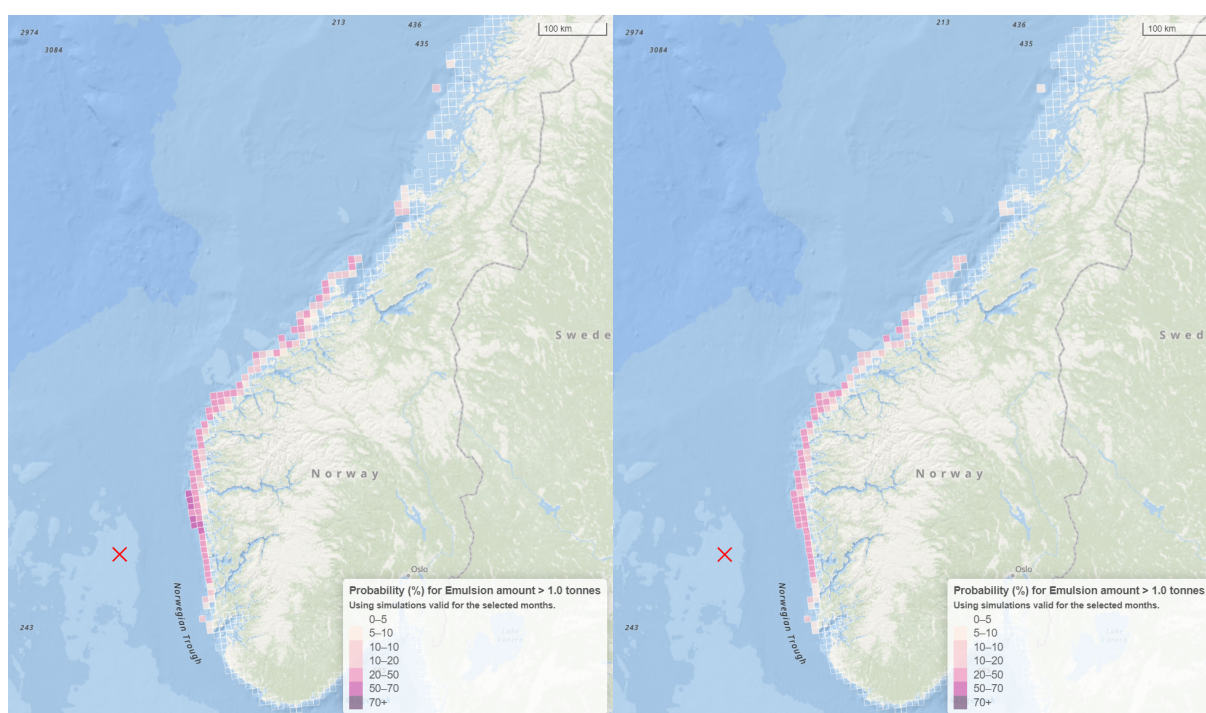
¹Grenseverdien for strand er 0,1 mm og 1 mm olje for fauna og flora. Tykkelsen beregnes fra strandet mengde olje basert på faktorer som hellingsgrad, tidevann og substrat.



Figur 4.1: Influensområdene for olje på sjøoverflaten, (vinterhalvår venstre og sommerhalvår høyre) gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Hvert område består av alle 10×10 km kartruter som har tykkere olje på overflaten enn 2 mikrometer i mer enn 5, 10, 20, 50 eller 70% av enkeltsimuleringene, gjengitt med ulike fargekoder.



Figur 4.2: Influensområdene for olje i vannkolonnen (vinterhalvår venstre og sommerhalvår høyre) gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Hvert område består av alle 10×10 km kartruter som har høyere oljekonsentrasjon i vannsøylen enn 58ppb THC, i mer enn 5, 10, 20, 50 eller 70% av enkeltsimuleringene, gjengitt med ulike fargekoder.



Figur 4.3: Influensområdene for olje akkumulert på strandlinjen, (vinterhalvår venstre og sommerhalvår høyre) gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krøfta Midt Statfjord. Hvert område består av alle 10×10 km kyststripe-kartruter med mer akkumulert olje enn 1 tonn i mer enn 5, 10, 20, 50 eller 70% av enkeltsimuleringene, gjengitt med ulike fargekoder.

4.1.1 ILLUSTRASJON AV EN ENKELTSIMULERING

For å tydeliggjøre forskjellen på resultatene fra stokastiske oljedriftsimuleringer og hvordan et enkeltstående oljeutslipp vil kunne se ut, er det i dette kapittelet vist utviklingen av et enkelt utslipp over flere døgn.

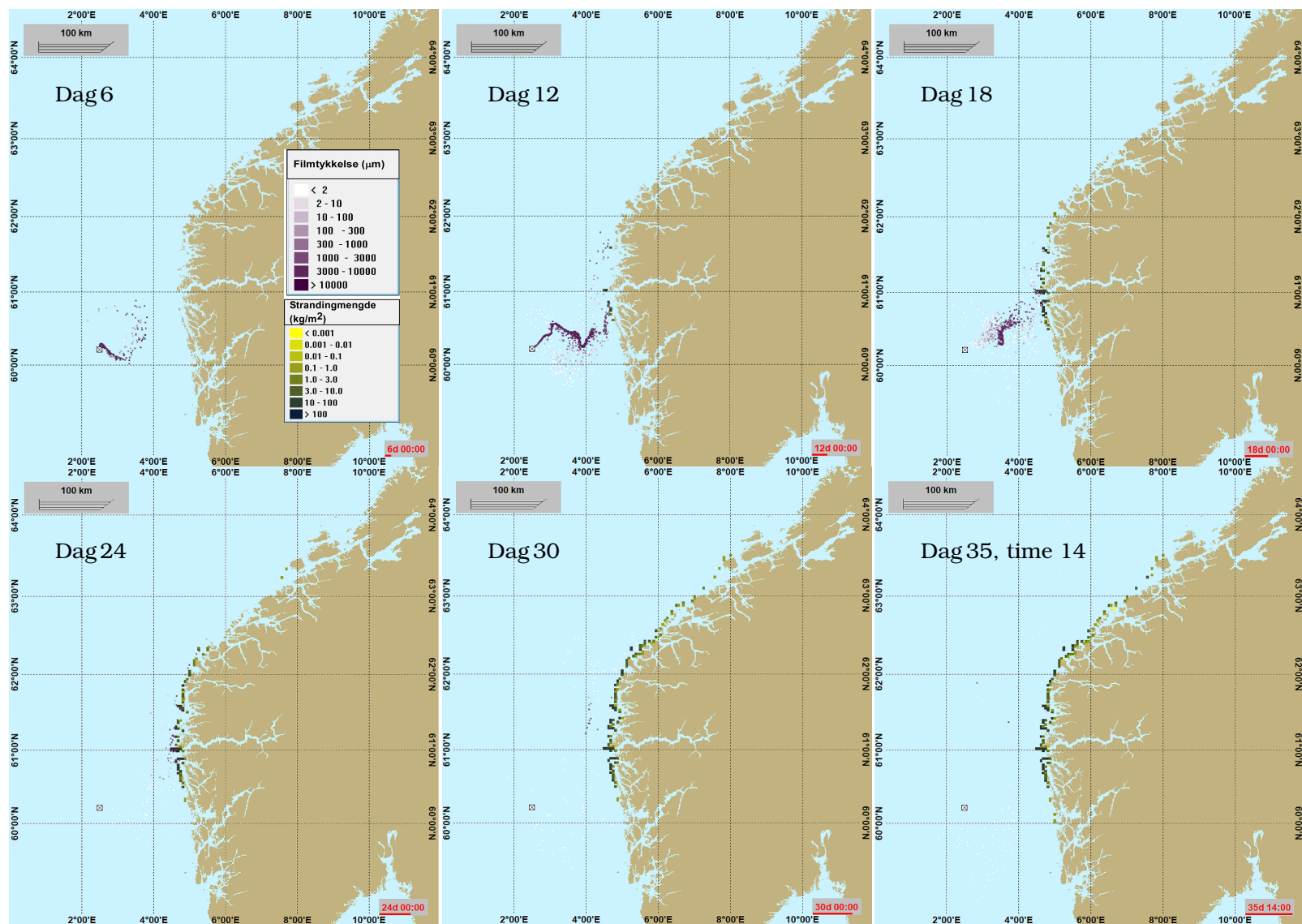
Utviklingen av et enkelt oljeutslipp er illustrert i figur 4.4. Enkeltsimuleringen som er valgt er en overflateutblåsning med rate på 9 300 S m³/d og en varighet på 15.6 døgn, slik at total mengde olje er 145 080 m³ (121 722 tonn). Dette er simuleringen som gir størst strandingsmengde (95-persentilen) av alle 240 simuleringer som er modellert med denne kombinasjon av utslippsdyp (overflate), rate og varighet.

Utslippet finner sted 01.01.2015. Utviklingen av utslippet er vist etter 6, 12, 18, 24, 30 og 35.6 døgn. Forekomst av stranding langs kysten under simuleringen er illustrert med ruter. Fargekoden viser akkumulert mengde strandet olje i løpet av simuleringen. Gjentatt stranding i samme område vil akkumuleres og dette vises i figurene ved at fargekoden endres når/hvis strandingsmengden i en rute overstiger den gjeldende mengdekategorien.

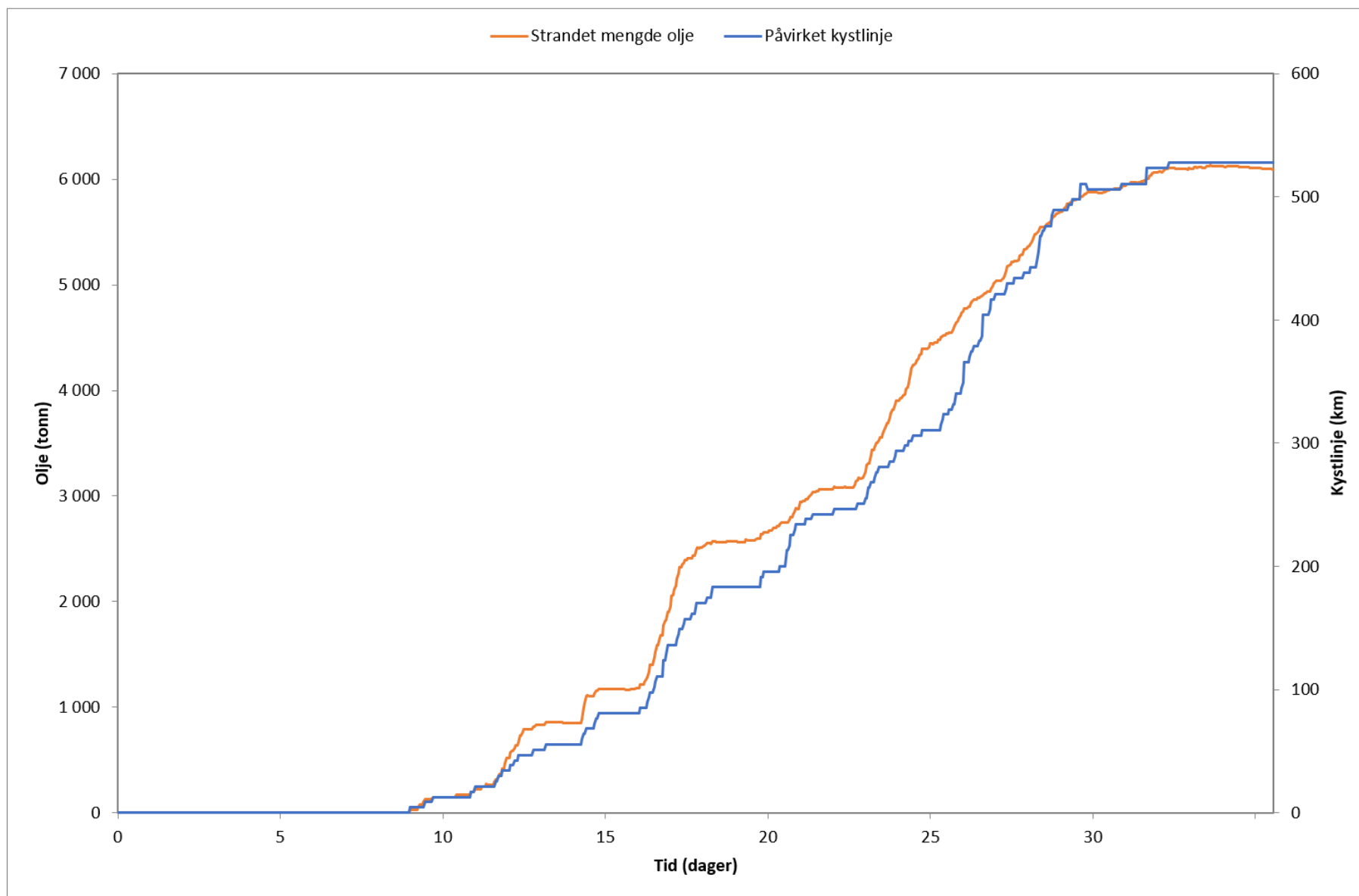
De første dagene beveger utslippet seg hovedsakelig nordøstover ute på havet. Første stranding registreres etter 9 dager og 1 time på Fedje. I de neste dagene strander det oppover Vestlandskysten, og mot slutten av simuleringen helt opp til kysten av Møre. Massebalansen ved dag 35.6 (simuleringsstopp) viser følgende fordeling av utslippet: 46.2 % fordampet, 36.8 % i vannkolonnen, 6.6 % biodegradert, 5 % strandet, 0.9 % på overflaten, og resten sedimentert eller utenfor analyseområde.

Merk at strandingsrutene vist i figuren har en oppløsning på 3×3 km (dvs. habitatgridet benyttet i OSCAR). Tilsynelatende stranding utenfor landområder (f.eks. i Froan) skyldes at strandmasken benyttet i simuleringene (iht. til Beste Praksis for oppsett av oljedriftsimuleringer i OSCAR) har høyere oppløsning enn standard strandmaske som følger med OSCAR.

Akkumulert mengde olje og lengde påvirket kystlinje over tid er illustrert i figur 4.5.



Figur 4.4: Illustrasjon av utviklingen av en enkelt oljedriftsimulering ved Krafla Midt Statfjord. Simuleringen er for en overflateutblåsning med utblåsningsrate på $9300 \text{ m}^3/\text{d}$ og en varighet på 15.6 døgn (vektet rate og varighet).



Figur 4.5: Illustrasjon av strandet mengde olje og lengde påvirket kystlinje av utslippet (enkeltsimuleringen) over tid. Figuren viser akkumulert strandet mengde og lengde påvirket kystlinje til en overflateutblåsning ved Krafla Midt Statfjord, med utblåsningsrate på $9300 \text{ m}^3/\text{d}$ og en varighet på 15.6 døgn.

4.2 STRANDINGSSTATISTIKK

Strandingsstatistikk er presentert for all oljeberørt kystlinje og i prioriterte kystområder for oljevern (NOFO eksempelområder). Statistikken gjelder for oljedriftsimuleringer for dimensjonerende utblåsningsrate og -varighet. Strandingsstatistikken er basert på bruk av persentiler. Merk at persentiler er en statistisk størrelse som beskriver variasjonen (spredningen) i drivtid og strandingsmengde for alle simuleringene og ikke en enkelthendelse.

Erfaring fra enkeltsimuleringer viser at det ikke er noen korrelasjon mellom drivtid til land og strandingsmengder. Det vil si at simuleringer som gir korte drivtider kan gi både små og store strandingsmengder, og simuleringer som gir store strandingsmengder kan ha lange drivtider sammenliknet med korteste drivtid til land. Det kan forklares med at enkeltsimuleringer som gir kort drivtid til land ofte er forbundet med andre værforhold enn enkeltsimuleringer som gir store strandingsmengder.

ALL OLJEBERØRT KYST Strandingsstatistikken for all oljeberørt kyst (tabell 4.1) viser strandingssannsynlighet på 100 og 87%, for henholdsvis vinter og sommer. Drivtidene (P95) er seks dager om vinteren og åtte dager om sommeren. Strandingsmengdene (P95) er størst om vinteren, med 27 349 tonn oljeemulsjon.

EKSEMPELOMRÅDER FOR OLJEVERN Strandingsstatistikk for eksempelområder for oljevern er presentert i tabell 4.2. Det er åtte eksempelområder med over 5% sannsynlighet for stranding og drivtid under 20 dager. Korteste drivtid, representert med 95-persentilen, er 7 dager på vinteren og 9 dager på sommeren. Det er Ytre Sula og Onøy som har de korteste drivtidene og de største strandingsmengdene.

GRENSEKRYSSENDE UTSLIPP Tabell 4.3 og tabell 4.4 viser sannsynlighet for at oljeutslipp krysser sjøgrensen til andre land og sannsynlighet for stranding i andre land. Det er opptil 98% sannsynlighet for at oljeutslipp krysser grensen til Storbritannia, med opptil 14% sannsynlighet for stranding.

Tabell 4.1: Strandingsstatistikk for all oljeberørt kyst basert på dimensjonerende rate og varighet for en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Kolonnene dekker strandingssannsynlighet, 95-persentil av korteste drivtid og 95-persentil av mengde strandet oljeemulsjon.

Periode	Sanns. (%)	Drivtid (d)	Mengde (tonn)
		P ₉₅	P ₉₅
Vinter	100	6	27349
Sommer	87	8	23662

Tabell 4.2: Strandingsstatistikk for eksempelområder for oljevern med strandingssannsynlighet større enn 5 % og drivtid kortere enn 20 dager for det dimensjonerende scenario ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Kolonnene dekker strandingssannsynlighet, 95-persentil av korteste drivtid og 95-persentil av mengde strandet oljeemulsjon for sommer og vinter.

Område	Sanns. (%)		Tid (d)		Mengde (t)	
	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer
Austevoll	60	43	13	15	1496	1479
Bømlø	16	12	19	22	168	198
Onøy	88	57	9	12	3227	2353
Runde	60	42	15	19	678	1384
Sandøy	38	26	18	23	170	284
Smøla	65	30	17	21	1524	1384
Sverlingsosen-Skorpa	67	50	10	14	1039	1494
Ytre Sula	95	71	7	9	3454	3085

Tabell 4.3: Sannsynlighet og drivtid for at oljeutslipp krysser sjøgrensen til andre land ved utblåsninger.

Sesong	Sjøgrense	Sannsynlighet (%)	Drivtid P95 (dager)
Vinter	Storbritannia	95	1.2
Sommer	Storbritannia	98	1

Tabell 4.4: Sannsynlighet og drivtid for stranding i andre land ved utblåsninger.

Sesong	Land	Sannsynlighet (%)	Drivtid P95 (d)	Mengde P95 (t)
Vinter	Storbritannia	9	19	160
Sommer	Storbritannia	14	23	512

5 RESULTATER FOR MILJØRISIKOANALYSE

I dette kapitlet vises miljøskade og miljørisiko for en mulig utblåsning ved Krafla Midt Statfjord. Resultater presenteres for (1) sjøfugl fra datasett for åpent hav, (2) sjøfugl fra datasett for kyst, (3) sjøpattedyr, (4) fisk og (5) strandhabitat.

Presentasjon av resultatene fra miljørisikoanalysen er delt opp i to delkapitler:

- I kapittel 5.1 presenteres miljøskade for de mest berørte naturressursene i hver gruppe (overflate, vannkolonne og strand).
- Kapittel 5.2 presenterer miljørisiko ved hjelp av Equinors risikomatrise.

5.1 MILJØSKADE

5.1.1 RESULTATER FOR SJØFUGL PÅ ÅPENT HAV

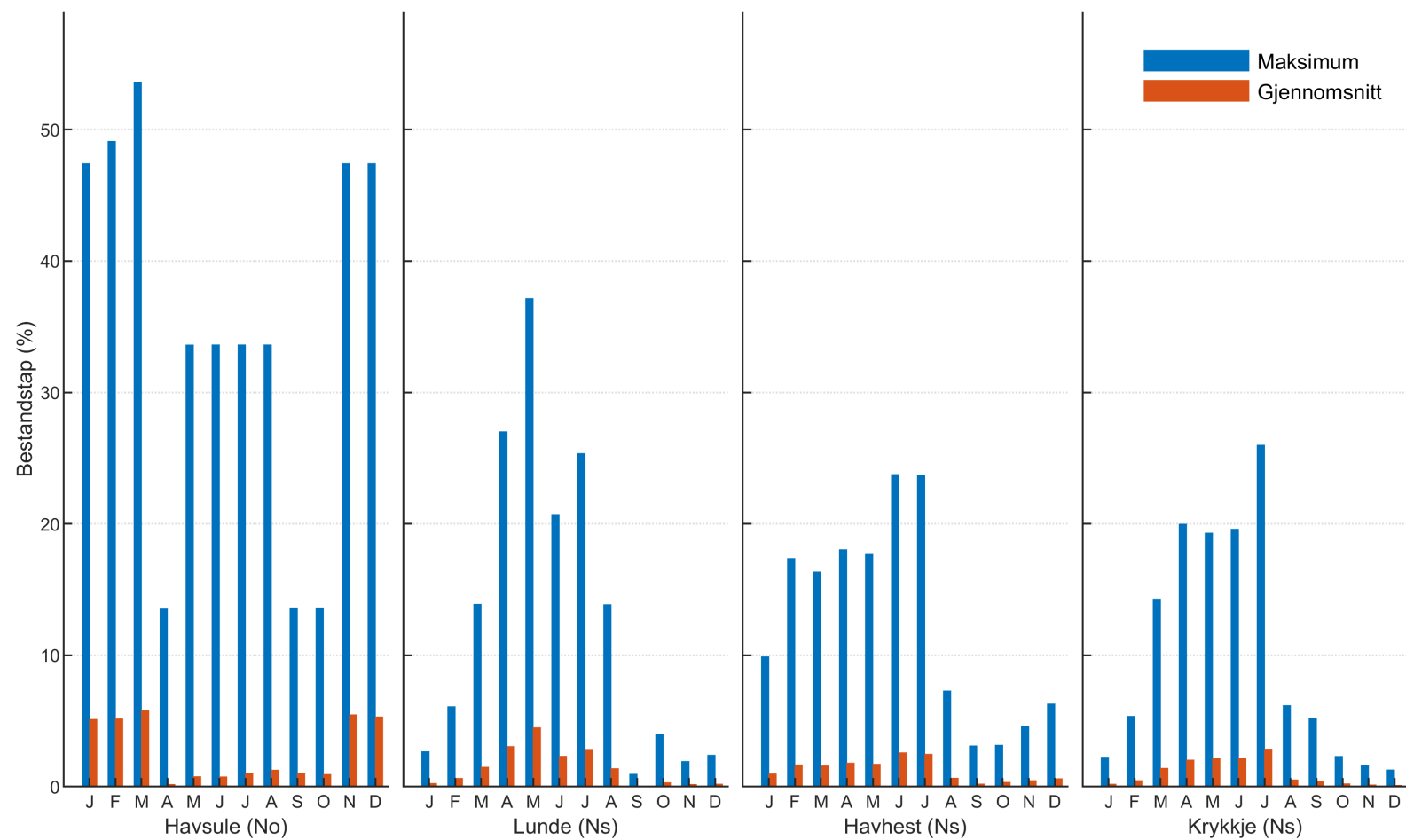
Sjøfuglbestandene med størst bestandstap er presentert i figur 5.1. Høyeste gjennomsnittlige bestandstap for alle bestandene er 6% og høyeste registrerte bestandstap blant alle enkelt-simuleringene er 54% (havsule i mars). Det er havsule som har de høyeste tapene med et gjennomsnittlig tap gjennom året på 1-6%.

Sannsynlighet for bestandstap og miljøskade (RDF) i de ulike kategoriene er vist i figur 5.2. Høyeste sannsynlighet for miljøskade i hver av skadekategoriene til de mest berørte bestandene er:

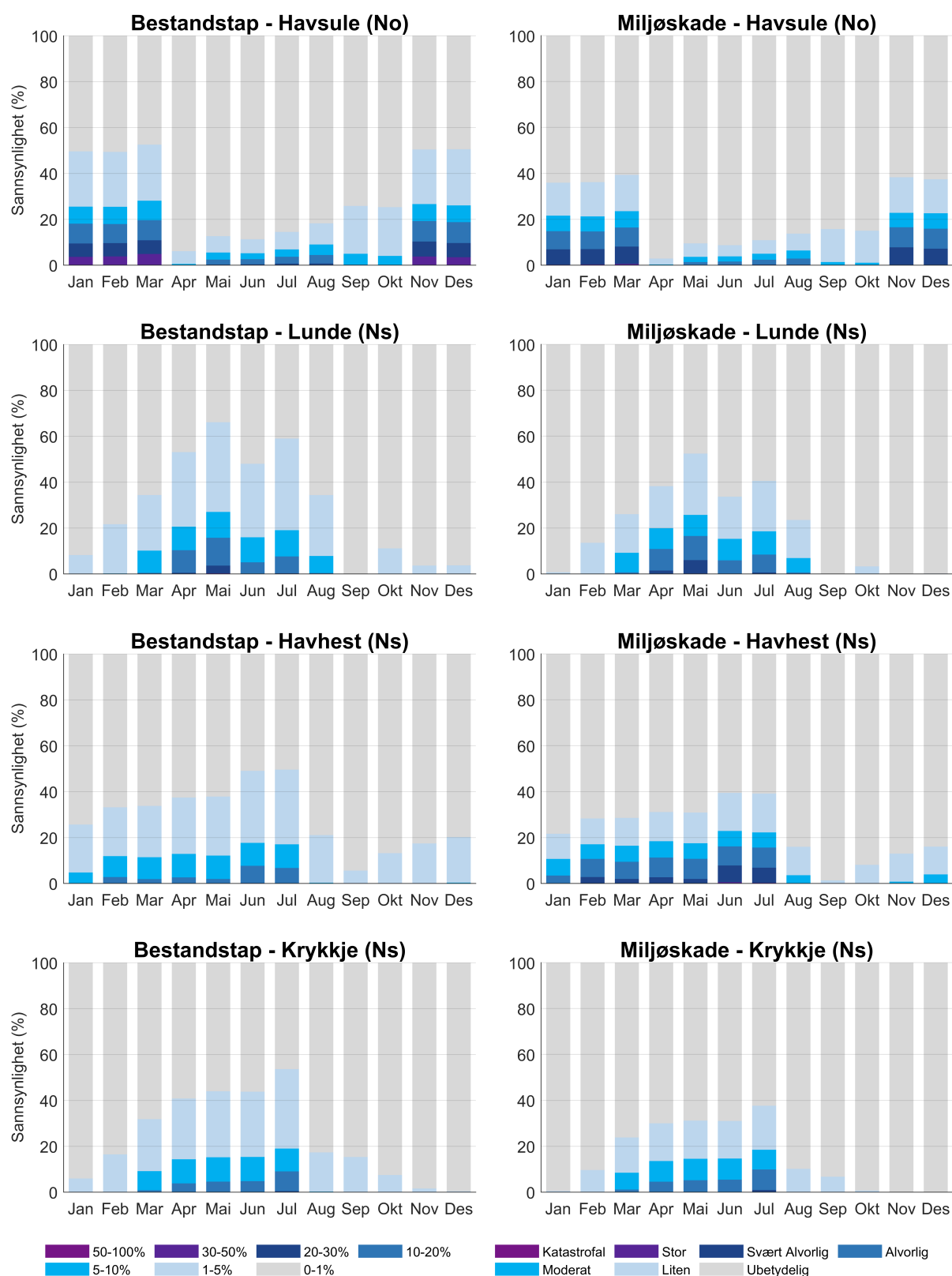
- 26.7 % i kategori liten for lunde (Ns) (mai)
- 9.4 % i kategori moderat lunde (Ns) (juni)
- 10.5 % i kategori alvorlig for lunde (Ns) (mai)
- 7.6 % i kategori svært alvorlig for havsule (november)
- 0.6 % i kategori stor for havsule (mars)

Det er ingen sannsynlighet for skade i kategori katastrofal.

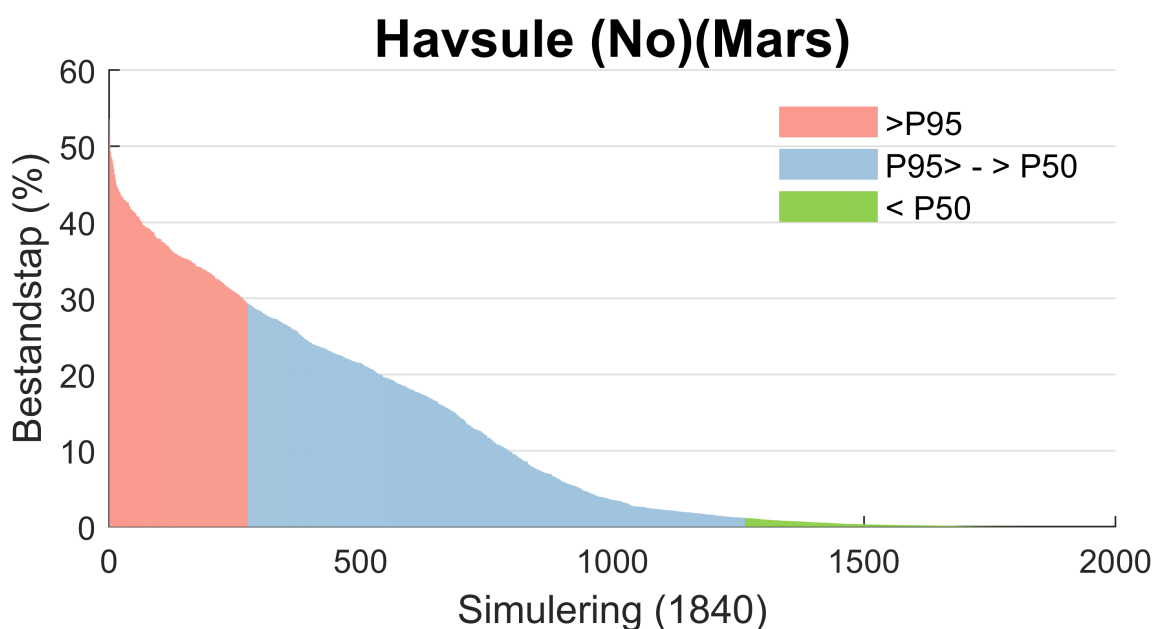
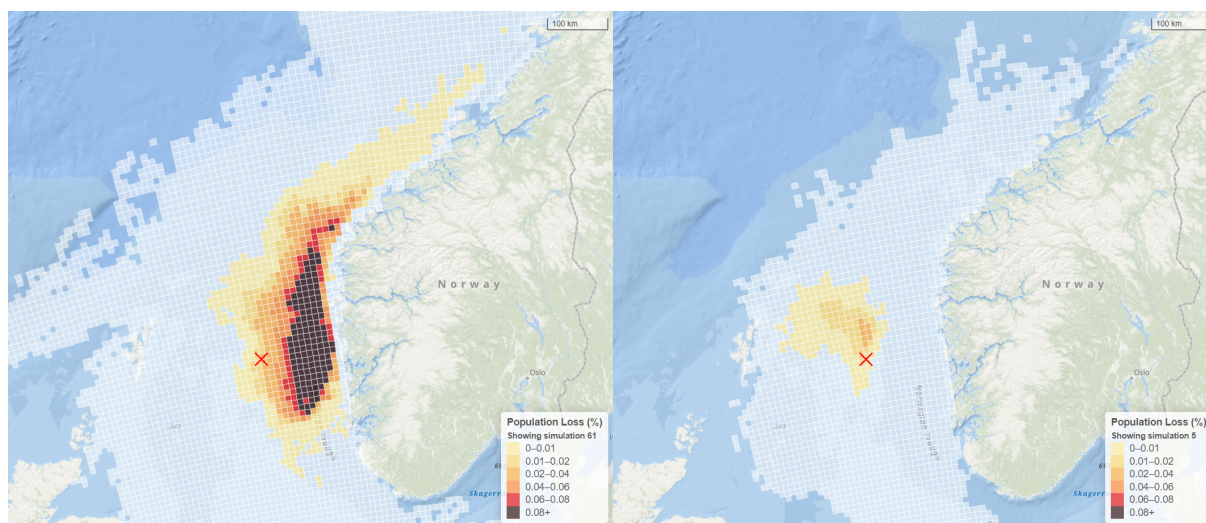
Havsule har størst bestandstap i mars. En illustrasjon av beregnet bestandstap for havsule alle utførte simuleringer i mars er vist i figur 5.3. Høyeste bestandstap er 54%, med en 50-persentil (median) på 1.2% og en 95-persentil på 29%. Kartene i figuren illustrerer hvor skaden ble registrert for disse to enkelthendelsene.



Figur 5.1: Maksimum og gjennomsnittlig bestandstap for de mest berørte pelagiske sjøfuglene gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Ns = Nordsjøbestand, No = Nasjonal bestand.

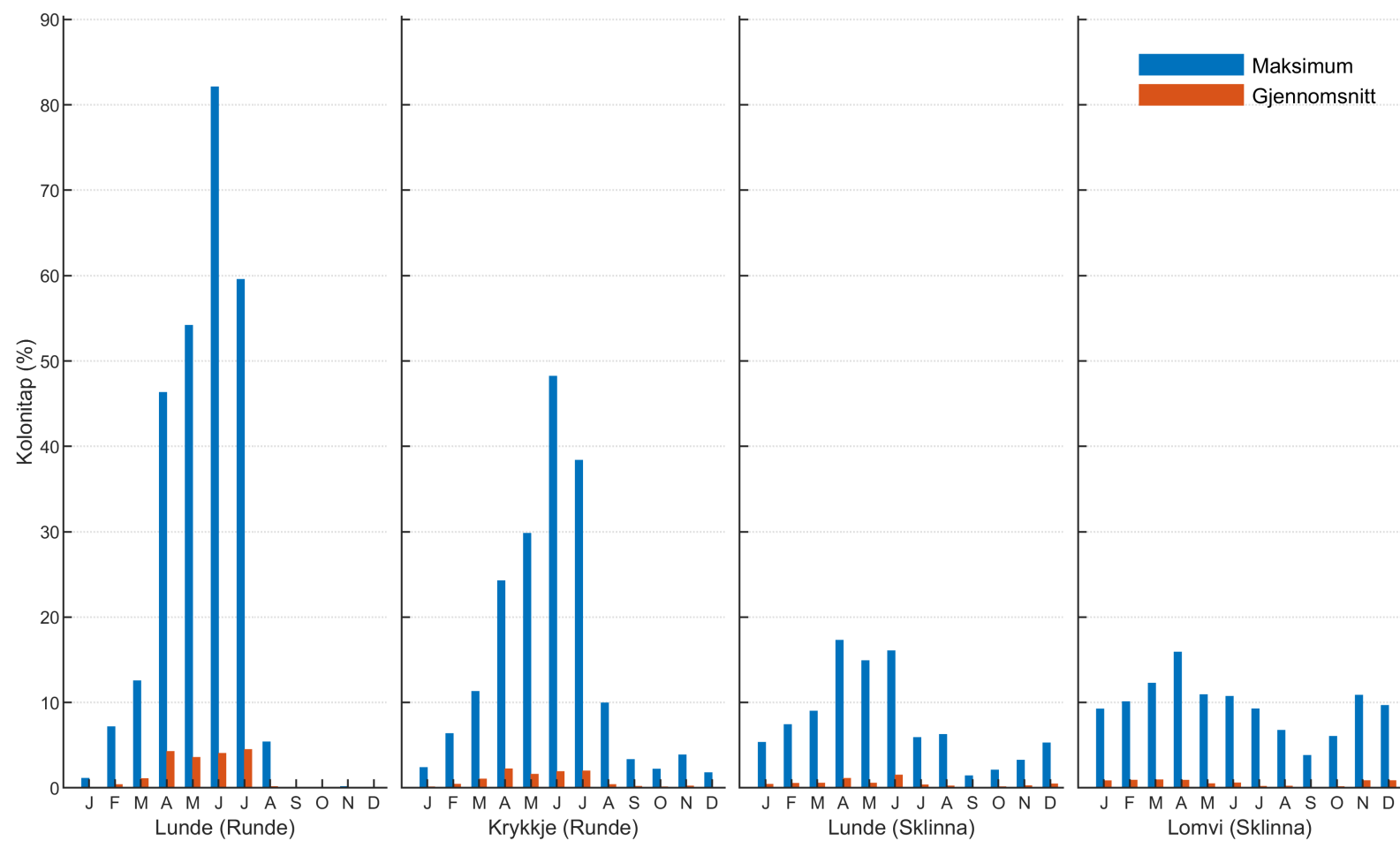


Figur 5.2: Sannsynlighet for bestandstap (venstre) og miljøskade (høyre) for de fire sjøfuglbestandene med høyeste bestandstap for datasett for åpent hav gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Grenseverdiene til miljøskadekategoriene (RDF) er gitt i tabell 3.3. Ns = Nordsjøbestand, No = Nasjonal bestand.



Figur 5.3: Beregnet bestandstap for Havsule (No) i mars for alle utblåsningsscenarioer ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Bestandstapet er opptil ca. 54% (P100). Kartene viser hvor skaden for 95- (venstre) og 50-persentiler (høyre) av bestandstap er lokalisert. No = Nasjonal bestand.

KOLONIDATA Det er utført beregninger for kolonidata fra NINA. Figur 5.4 viser gjennomsnittlig og maksimalt kolonitap. Det er lundekolonien ved Runde som viser høyeste tap med gjennomsnittlig tap opptil 5% i juli og maksimum tap opptil 82% i juni. 95-persentil for kolonitap er 31.7% i juni.



Figur 5.4: Maksimum og gjennomsnittlig bestandstap for de mest berørte koloniene gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.

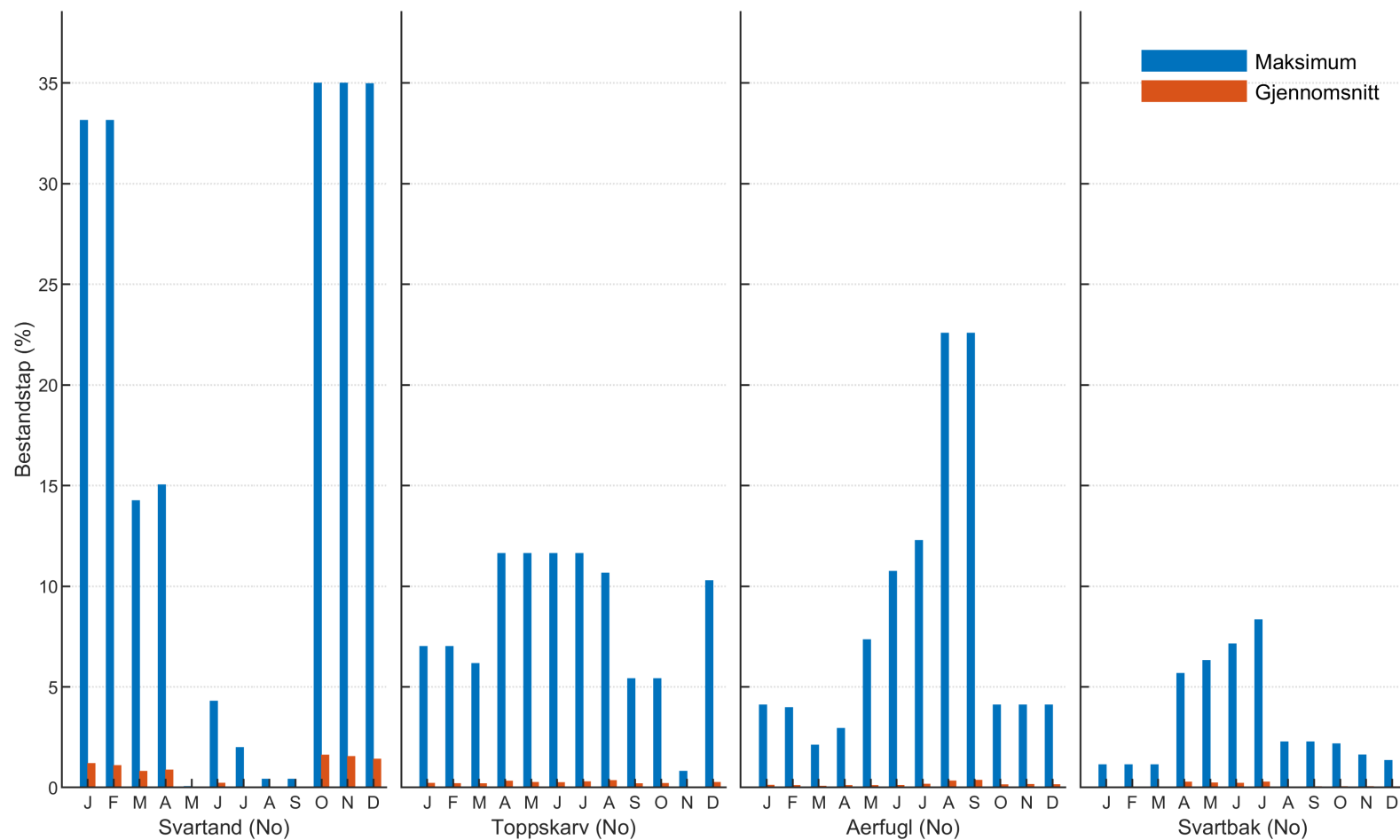
5.1.2 RESULTATER FOR SJØFUGL VED KYSTEN

Sjøfuglbestandene ved kysten med størst bestandstap er presentert i figur 5.5. Gjennomsnittlig bestandstap for alle bestandene er under 2%, mens høyeste bestandstap er opp til 35%. Det er svartand som har høyest beregnet bestandstap. Bestandstapet er størst høst og vinter.

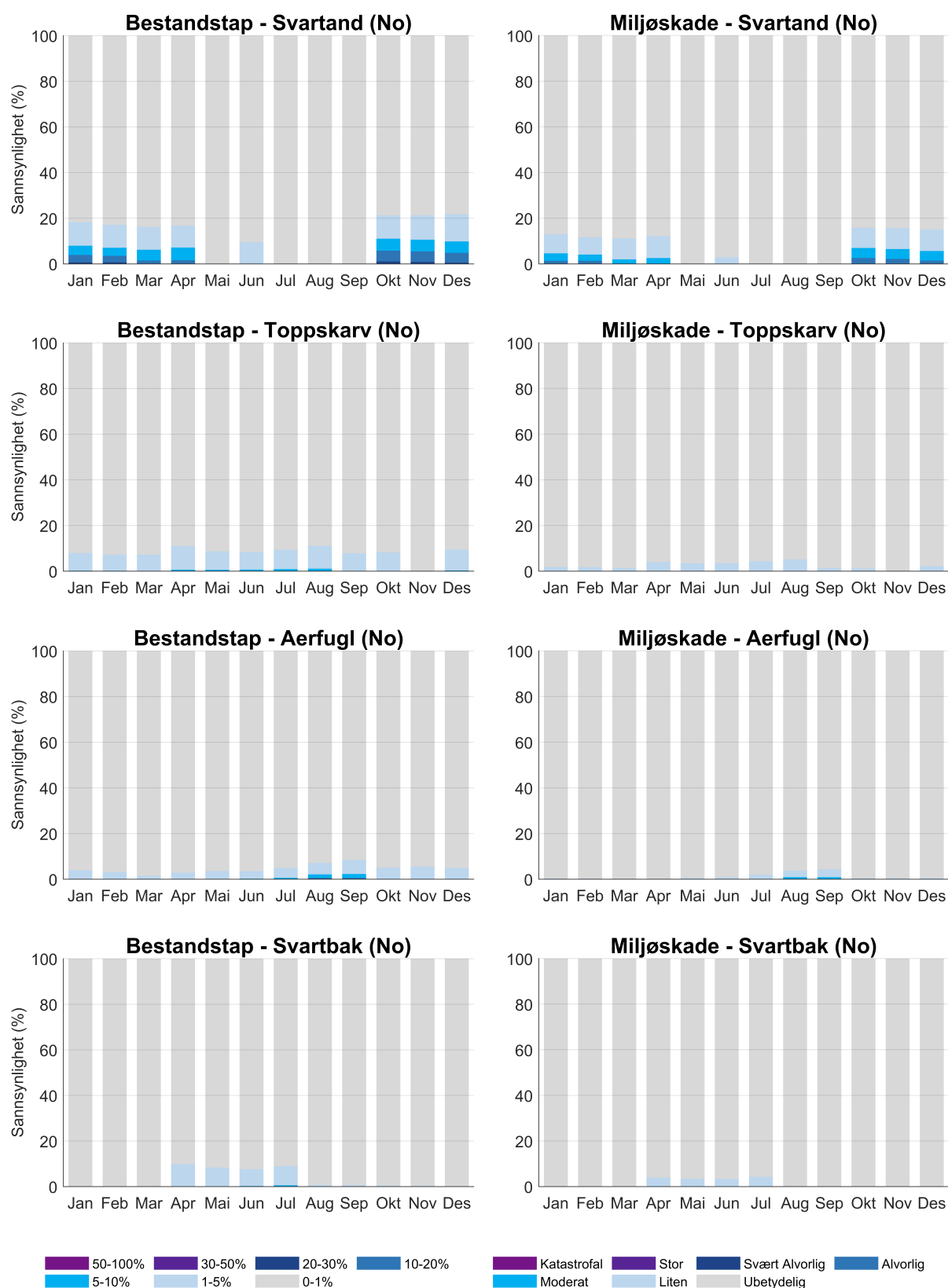
Sannsynlighet for bestandstap og miljøskade (RDF) i de ulike kategoriene er vist i figur 5.6. Høyeste sannsynlighet i de ulike miljøskadekategoriene (RDF) er:

- 9.4 % i kategori liten for svartand (desember)
- 4.4 % i kategori moderat for svartand (oktober)
- 2.5 % i kategori alvorlig for svartand (oktober)
- 0.1 % i kategori svært alvorlig for svartand (februar)

Det er ingen sannsynlighet for skade i kategoriene stor og katastrofal.



Figur 5.5: Maksimum og gjennomsnittlig bestandstap for de mest berørte kystsjøfuglene gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. No = Nasjonalt datasett.

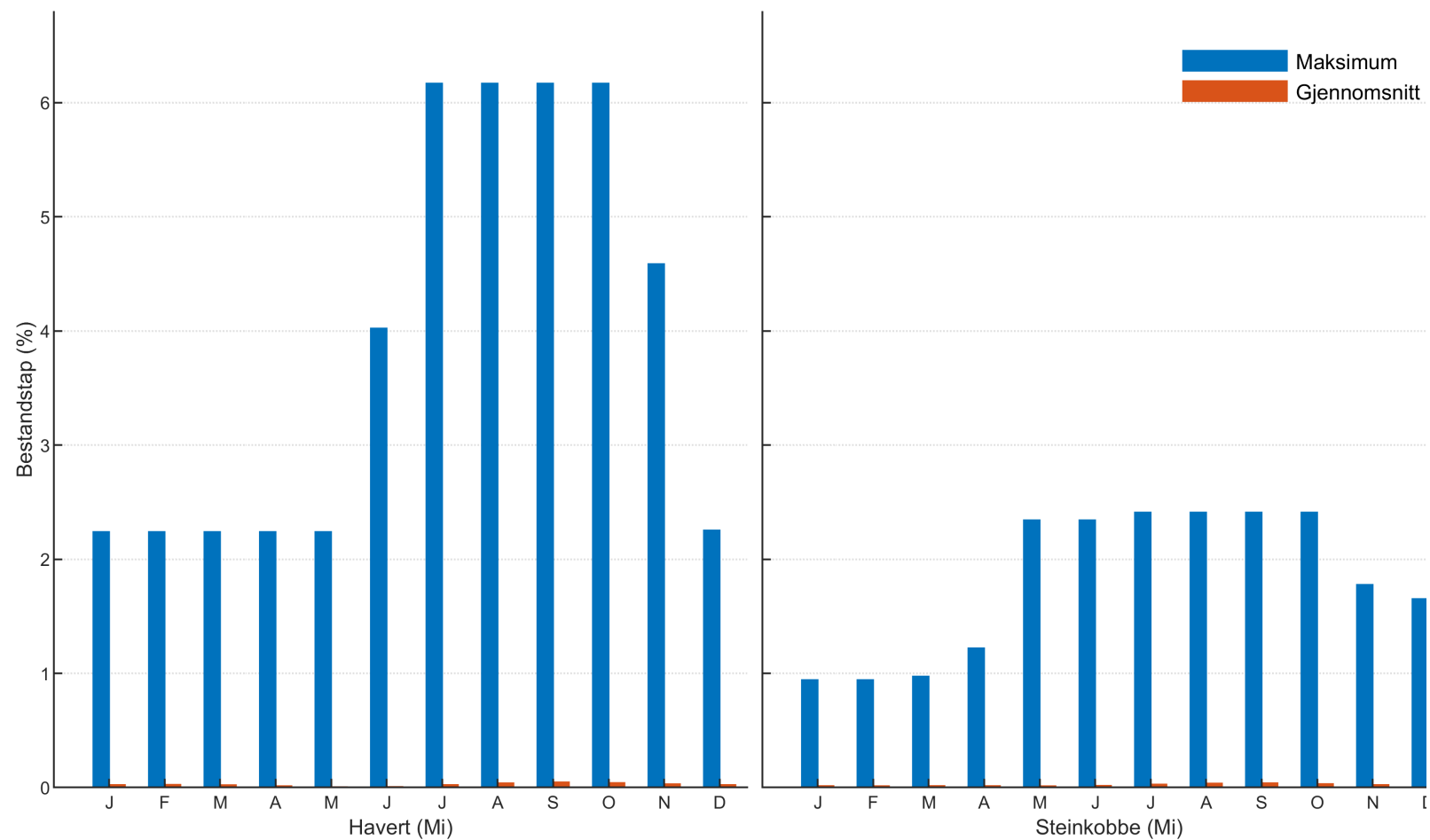


Figur 5.6: Sannsynlighet for bestandstap (venstre) og miljøskade (høyre) for de mest berørte sjøfuglbestandene i kystdatasettet gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Grenseverdiene til miljøskadekategoriene (RDF) er gitt i tabell 3.3. No = nasjonal bestand.

5.1.3 RESULTATER FOR SJØPATTEDYR

SEL Det er beregnet lave bestandstap for sel (havert og steinkobbe), godt under 1% gjennomsnittlig bestandstap og rett over 6% maksimum bestandstap (figur 5.7). Det er derfor ikke presentert figurer som viser sannsynlighetsfordeling av bestandstap og miljøskade i kategorier.

ANDRE SJØPATTEDYR Hval som befinner seg i havområdet rundt borelokasjonen kan være utsatte for oljeeksponering ved en hendelse. Enkeltindivider og flokker av delfiner som f.eks kvitnos vil kunne eksponeres for olje. Per i dag foreligger det ikke forekomst- og utbredelsesdata som er egnet for bruk i kvantitative miljørisikoanalyser. Hval på åpent hav er imidlertid generelt sett vurdert å ikke være sårbare på bestandsnivå ved oljeutslipp og skade på enkeltflokker eller -individer vil ikke kunne fanges opp i en miljørisikoanalyse pga. det ikke gir en målbar skade på bestandene.



Figur 5.7: Maksimum og gjennomsnittlig bestandstap for de mest berørte sjøpattedyrene gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Mi = midtnorsk bestand.

5.1.4 RESULTATER FOR FISK

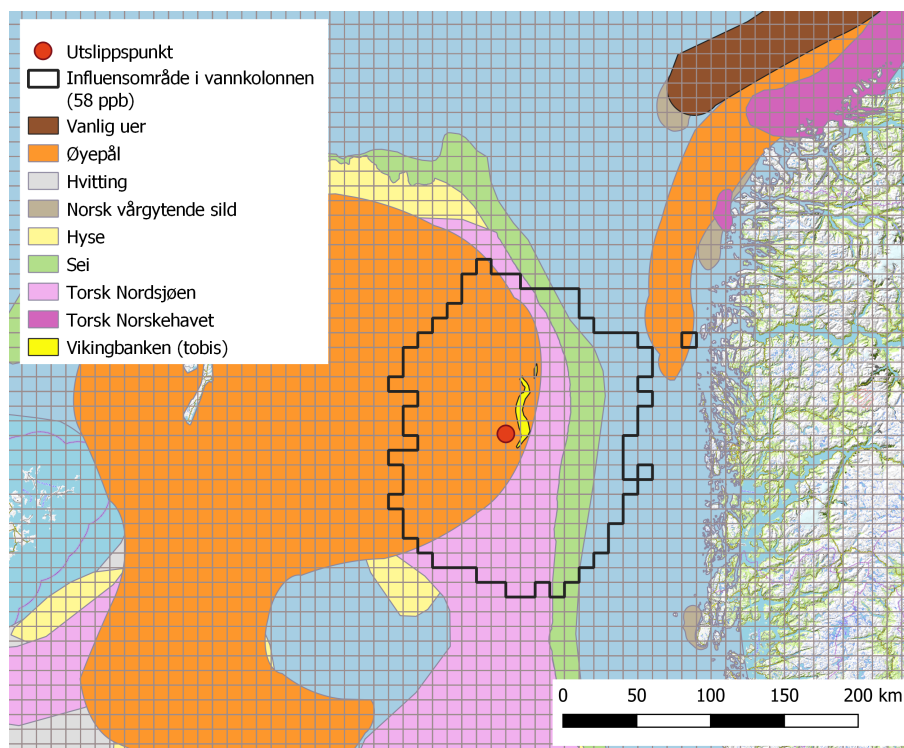
Overlappsanalysen viser at det er overlapp mellom influensområdene i vannkolonne og gyteområdene for Nordsjøbestandene av torsk, sei, hyse, øyepål, hvitting, makrell og tobis (tabell 5.1). Se tabell C.6 i vedlegg C.3 for en oversikt over gytebestander som er vurdert. Det største overlappet er beregnet for tobis på Vikingbanken og utgjør 100 % (se kvantitativ analyse nedenfor). For de andre bestandene er det Nordsjøsei i vinter- og vårsesongen som har det største overlappet. Sei og de andre bestandene er vurdert å være lite sårbar på bestandsnivå ettersom gyteområdene strekker seg over store deler av Nordsjøen (se figur 5.8). En evt. utblåsning anses derfor i hovedsak å gi lokal og liten målbar skade på disse bestandene.

Larvetap er beregnet for nordøstarktisk torsk (15 årsklasser), norsk vårgytende sild (12 årsklasser) og tobis ved Vikingbanken med THC-metoden i ERA Acute. Det betyr at man bruker estimert total oljekonsentrasjon sammen med en artssensitivitetskurve (SSD) til å beregne larvetap og populasjonsmodeller til å beregne restitusjonstid og miljøskade (se vedlegg C.3). I analysen betraktes Vikingbanken som en egen bestand.

Larvetapet for torsk og sild er svært lavt der maksimum tap for den meste berørte årsklassene og månedene er 3%. Det er dermed svært lav sannsynlighet for effekt på årsklassene og bestandene, og angitt som miljøskade i ERA Acute gir dette sannsynlighet på 100% for skadekategori *ubetydelig*.

Tabell 5.1: Andelen gyteareal for ulike fiskebestander som overlapper med influensområdet til olje i vannkolonnen gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Tomme felter betyr at bestanden ikke gyter i den aktuelle sesongen.

Bestand	Gyteareal (km ²)	Overlapp (%)			
		Vinter	Vår	Sommer	Høst
Nordsjøtorsk	246 860	3	3	-	-
Nordsjøhyse	131 290	-	4	-	-
Nordsjøsei	54 024	14	8	-	-
Øyepål	161 273	2	1	-	-
Hvitting	219 700	3	3	3	-
Makrell	591 716	-	2	2	-
Tobis Vikingbanken	237	100	100	100	-



Figur 5.8: Gyteområder for viktige fiskebestander og influensområde (hele året) for olje (> 58 ppb THC) i vannkolonnen gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.

Larvetap for tobis ved Vikingbanken er presentert i figur 5.11. Figuren viser gjennomsnittlig larvetap, 95-persentil og maksimum larvetap per måned. Det er kun larver eller yngel i vannmassen i perioden februar til juli (se tabell C.3 i i vedlegg C.3). Gjennomsnittlig larvetap i hele perioden er 16,9% med en 95-persentil på 71%. Høyeste larvetap (100-persentli) er 96%. Det er stor variasjon i beregnet larvetap. Figure 5.11 viser larvetap for alle enkeltsimuleringer utført i perioden februar til juli.

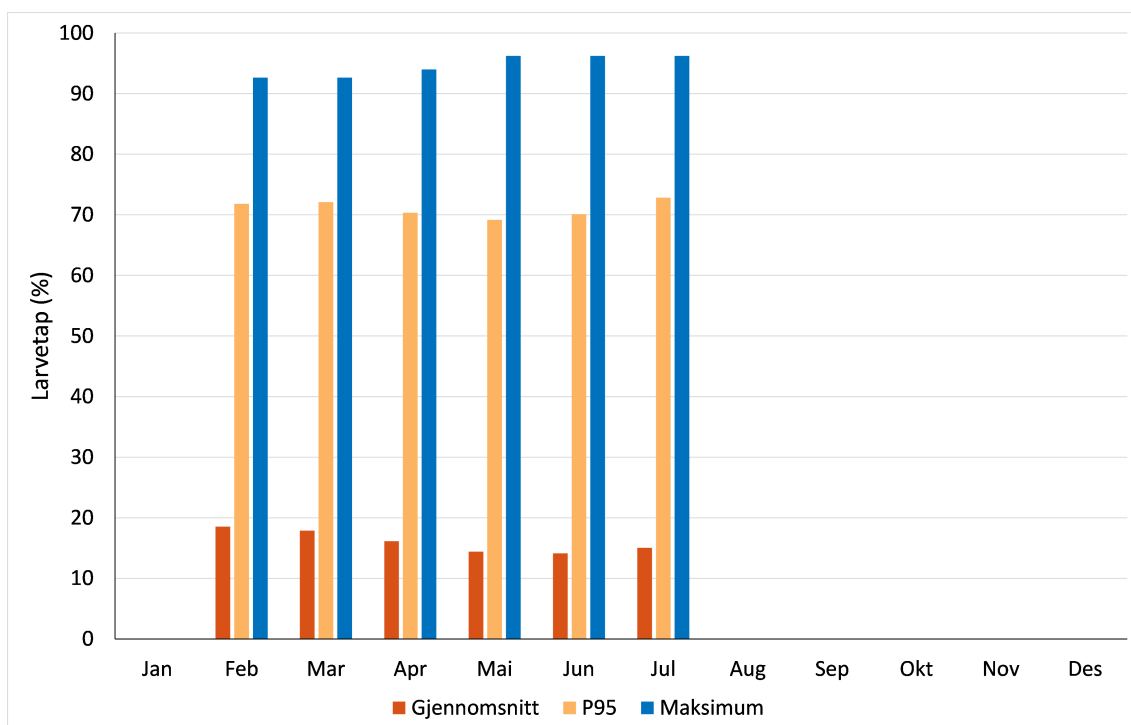
Sannsynlighet for bestandtap og miljøskade (RDF) i de ulike kategoriene er vist i figur 5.10. Høyeste sannsynlighet for miljøskade i hver av skadekategori er:

- 30.4 % i kategori liten i februar
- 12.6 % i kategori moderat i februar
- 0.03 % i kategori alvorlig i juni og juli

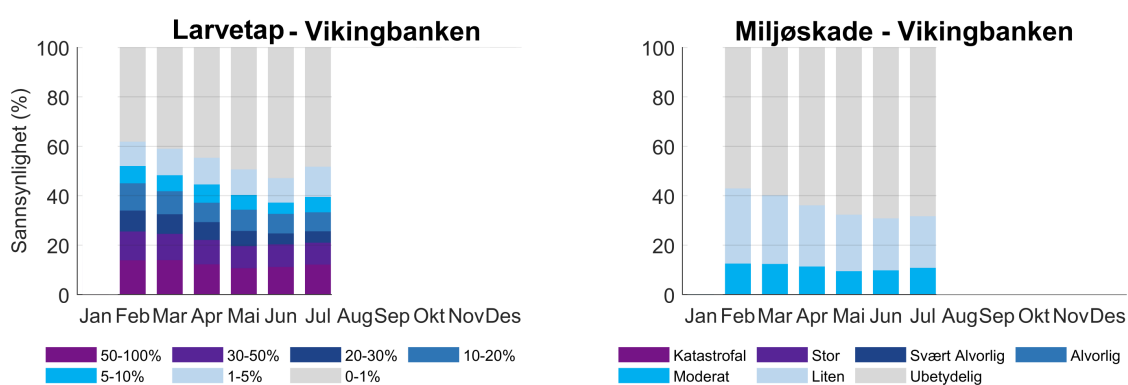
Det er ingen sannsynlighet for skade i kategori svært alvorlig og katastrofal.

Siden letebrønnen også skal bores igjennom et gasslag er det gjort en sammenlikning av potensiale for skade for tobis ved olje og gassutslipp. Et utslipp med vektet rate fra gasslaget Statfjord (med Martin Linge kondensat) gir betydelig lavere skade på fisk enn et oljeutslipp med vektet rate fra oljelaget Brent (Tarbert). Høyeste larvetap på tobis gitt en utblåsning med vektet rate og varighet av kondensat er ca. 4 %, mens høyeste larvetap for en utblåsning av olje med vektet rate og varighet er ca. 74 %. Dette er i samsvar med resultater fra tilsvarende

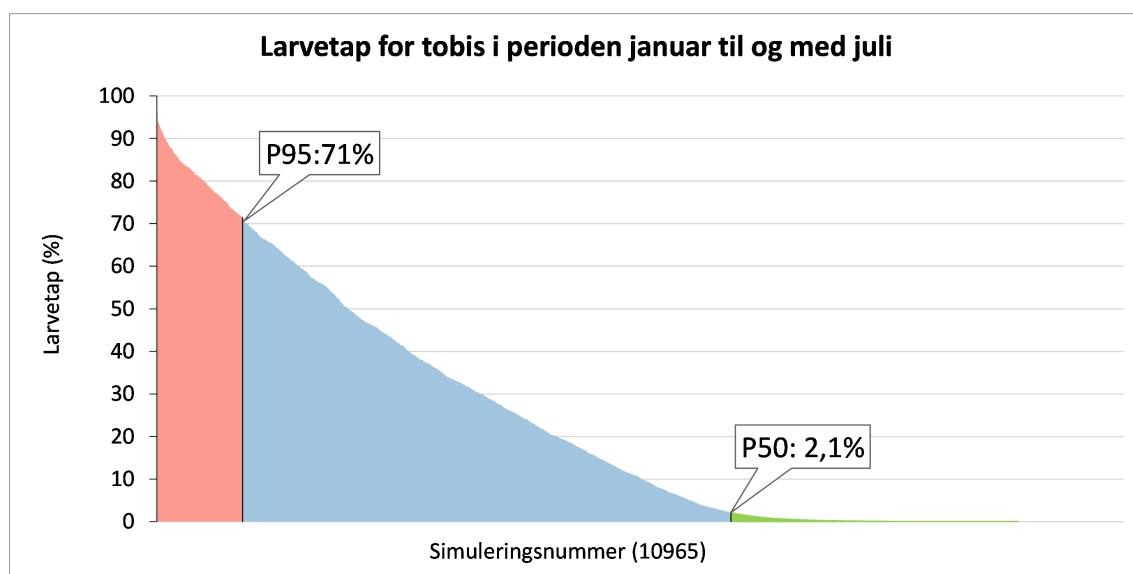
beregninger i forbindelse med miljørisikoanalysen for utbygging og drift av Krafla-feltet.



Figur 5.9: Maksimum og gjennomsnittlig larvetap for tobis på Vikingbanken SVO per måned gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.



Figur 5.10: Sannsynlighet for larvetap (venstre) og miljøskade (høyre) for tobis på Vikingbanken SVO gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Grenseverdiene til miljøskadekategoriene (RDF) er gitt i tabell 3.3.



Figur 5.11: Beregnet larvetap for tobis for alle utblåsninger ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Larvetapet er opptil 96 % med en 95-persentil på 71 % og en 50-persentil på 2,1 %.

5.1.5 RESULTATER FOR STRANDHABITAT

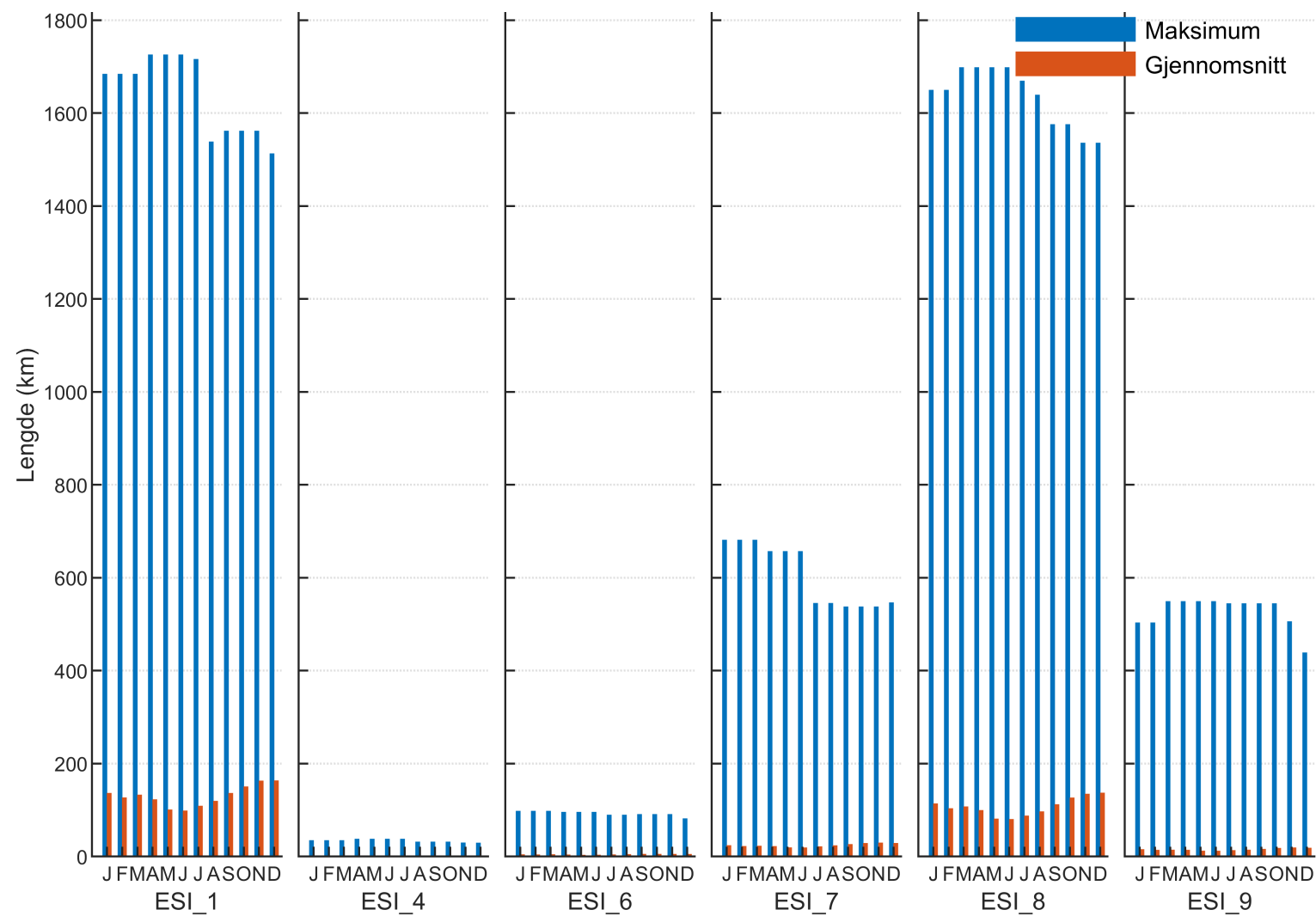
Datasett for strand består av fauna (invertebrater) og flora (alger og annen vegetasjon), delt inn i strandtyper (ESI). Den antatte skadelige oljefilmtykkelsen for fauna er 0,1 mm og den skadelige tykkelsen for flora er 1,0 mm.

FAUNA Gjennomsnittlig og maksimalt antall kilometer påvirket strandlinje er presentert i figur 5.12. Det er relativ liten variasjon gjennom året. Gjennomsnittlig berørt strandlinje for alle strandtyper er 284 km og varierer mellom 217 km (juni) og 357 km (desember). Av maksimumsverdiene (P100) ser man at det vil kunne forekomme enkelthendelser som har større skadepotensial med opptil 4 565 km berørt strandlinje. Det er eksponert strandberg (ESI_1) og beskyttet strandberg, klippe, blokkstrand og ur (ESI_8) som er de to mest berørte strandtypene (se tabell 3.4 for en beskrivelse av strandtyper).

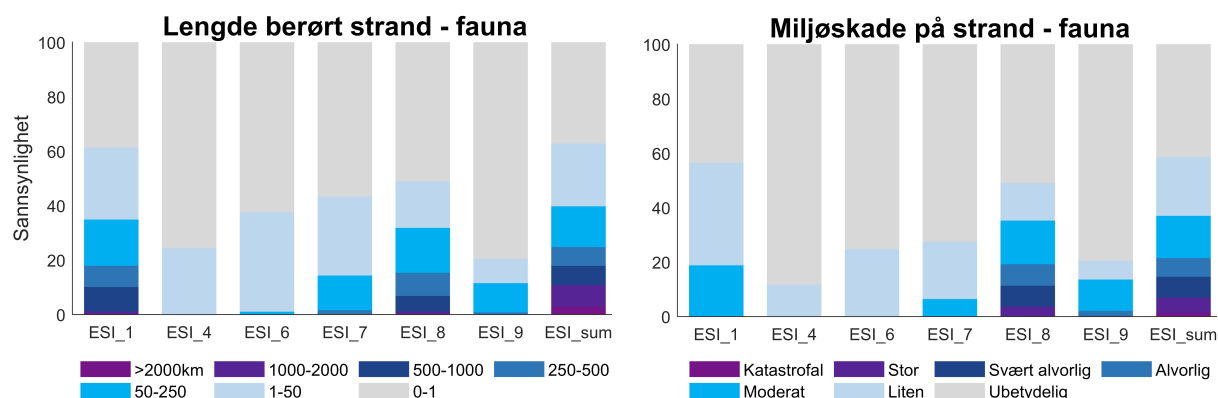
Kombinerer man lengde berørt strandlinje og restitusjonstiden til de ulike strandtypene gir dette følgende sannsynligheter for miljøskade i de ulike RDF-skadekategoriene (figur 5.13):

- 21.6 % i kategori liten
- 15.5 % i kategori moderat
- 6.9 % i kategori alvorlig
- 7.7 % i kategori svært alvorlig
- 5.7 % i kategori stor
- 1.2 % i kategori katastrofal

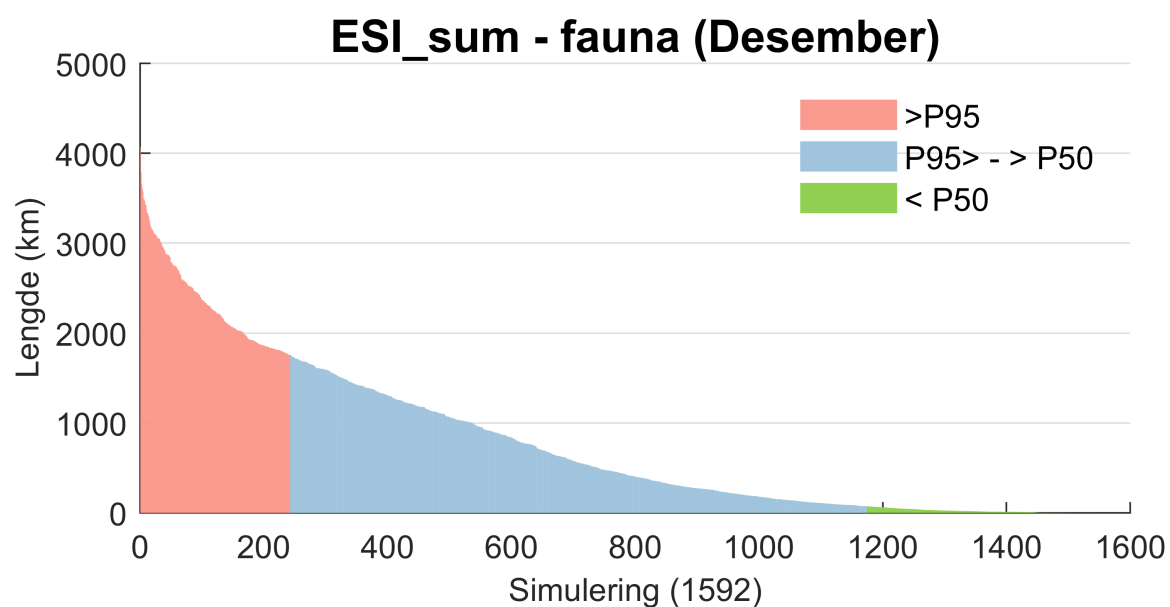
Skaden og miljørisikoen for strand er størst i desember. Figur 5.14 viser lengde påvirket strandlinje for alle de utførte simuleringene i desember. Påvirket strandlinje varierer fra 0 km til 4070 km, med en 50-persentil (median) på 73.4 km og en 95-persentil på 1754.2 km. Kartene i figuren illustrerer hvor skaden ble registrert for disse to enkelthendelsene.



Figur 5.12: Maksimum og gjennomsnittlig berørt strandlinje for fauna per ESI og måned gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord



Figur 5.13: Sannsynlighet for lengde berørt strandlinje (venstre) og miljøskade for fauna (invertebrater) (høyre) per ESI og per år gitt en utblåsning ved Krafla Midt Statfjord. Grenseverdiene til miljøskadekategoriene (RDF) er gitt i tabell 3.3.



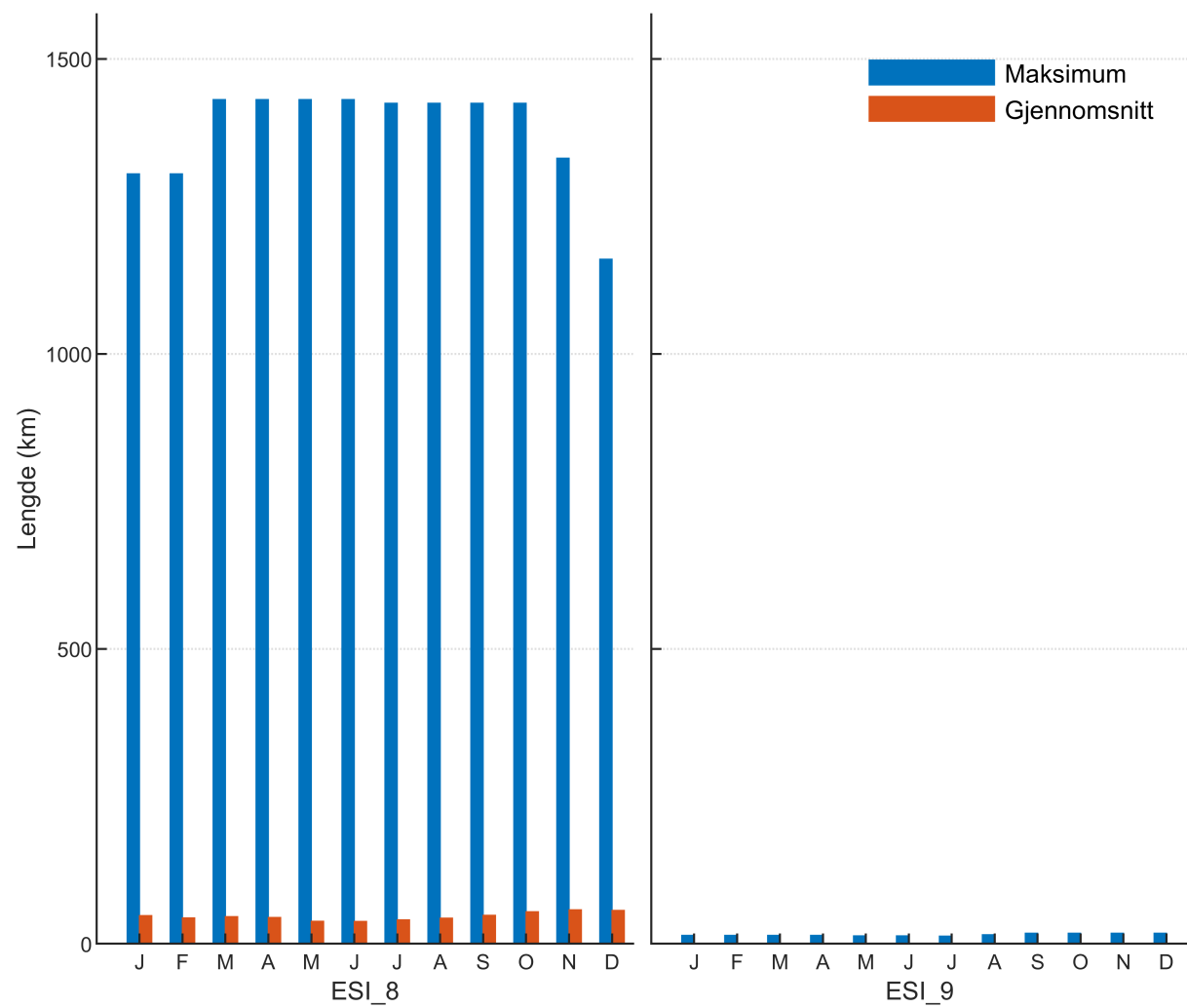
Figur 5.14: Beregnet berørt lengde strandlinje for fauna (alle strandtyper) i desember for alle utblåsnings-scenarier ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.

5.1. Miljøskade

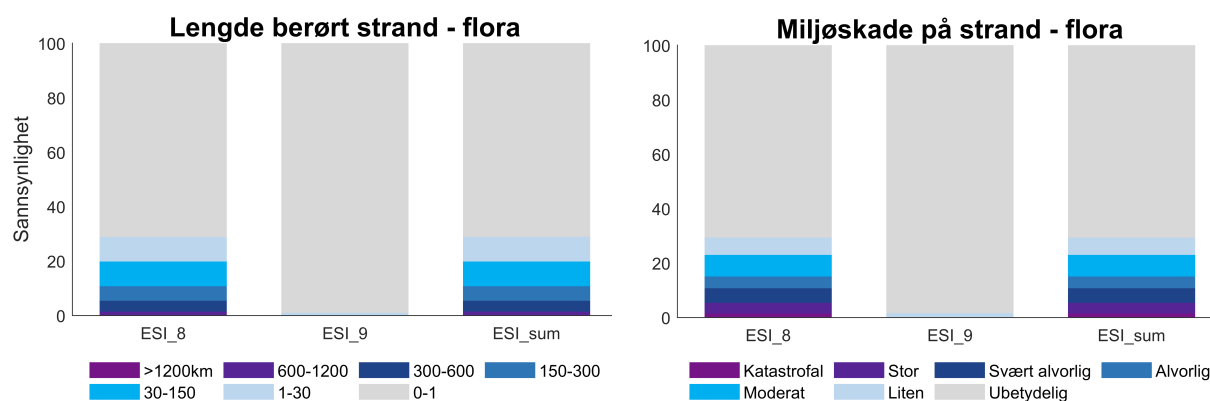
FLORA Gjennomsnittlig og maksimalt antall kilometer påvirket strandlinje er presentert i figur 5.15. Gjennomsnittlig berørt strandlinje for begge strandtyper er 48 km og varierer mellom 39 km (juni) og 59 km (november). Som for fauna, ser man av maksimumsverdiene (P100) at det vil kunne forekomme enkelthendelser som har større skadepotensial med opptil 1 447 km berørt strandlinje. Det er blokkstrand og ur (ESI_8) som er den mest berørte strandtypene (se tabell 3.4 for en beskrivelse av strandtyper).

Kombinerer man lengde berørt strandlinje og restitusjonstiden til de ulike strandtypene gir dette følgende sannsynligheter for miljøskade i de ulike RDF-skadekategoriene (figur 5.16):

- 6.3 % i kategori liten
- 7.9 % i kategori moderat
- 4.3 % i kategori alvorlig
- 5.3 % i kategori svært alvorlig
- 4 % i kategori stor
- 1.4 % i kategori katastrofal



Figur 5.15: Maksimum og gjennomsnittlig berørt strandlinje for flora per ESI og måned gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.



Figur 5.16: Sannsynlighet for lengde berørt strandlinje (venstre) og miljøskade for flora (høyre) per ESI og per år gitt en utblåsning ved Krafla Midt Statfjord. Grenseverdiene til miljøskadekategoriene (RDF) er gitt i tabell 3.3.

5.2 MILJØRISIKO

I dette kapitlet er den planlagte aktiviteten ved boring av letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord vurdert vha. skadetabeller og mot Equinors risikomatriser.

Høyest beregnet miljøskade gjennom året for sjøpattedyr og sjøfugl (øverst) og fisk (nederst) er illustrert i tabell 5.2 og for strand i tabell 5.3. Tabellen viser betinget sannsynlighet (dvs. sannsynlighet forutsatt at hendelsen har funnet sted) for en skade i den mest alvorlige (verste) skadekategori med en fargekode som representerer risikosonen i Equinor sin risikomatrise (jf. kapittel 1.3). Kun skade som gir miljørisiko (sannsynlighet for en utblåsning under den planlagte operasjonen $\times$ sannsynlighet for miljøskaden) på mer enn $1,01E-06$ er vist i tabellene. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1% eller mer.

Sjøfugl (havsule, havhest, lunde) slår ut i kategori svært alvorlig mellom januar - juli og november - desember, i kategori alvorlig i august, og i kategori moderat i september og oktober. Fisk (tobis på Vikingbanken) slår ut i kategori moderat gjennom året, men er i den helårige risikomatrisen justert til kategori alvorlig siden Vikingbanken er antatt å være et isolert gyteområde som er ansett spesielt sårbart. For strand er det flora som slår ut høyest, i kategori katastrofal gjennom hele året, men med lave sannsynligheter.

Risikomatrissene for sjøfugl, sjøpattedyr, fisk og strand (fauna og flora) er presentert i figurene 5.17, 5.18, og 5.19. Matrisene viser naturressursen innenfor hver ressursgruppe med høyest gjennomsnittlig miljøskade og risiko gjennom året. Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med frekvens på $1,01E-04$ (0.0101%) og miljørisikoen er angitt med en hvit sirkel. Høyeste miljørisiko for alle naturressursgrupper er oppsummert i figur 5.20. Miljørisikoen for sjøfugl, sjøpattedyr, fisk, ligger i grønt område i Equinor sin risikomatrise og strand (flora og fauna) ligger i gul sone.

Variasjon i miljørisiko gjennom året til de mest berørte sjøfuglene, sjøpattedyrene og strand er illustrert i figur 5.21 og figur 5.22. Figurene viser risiko for hver skadekategori og måned.

Miljørisikoen er beregnet uten konsekvensreducerende tiltak.

Tabell 5.2: Illustrasjon av høyest beregnet miljøskade for sjøfugl og sjøpattedyr (øverst) og fisk (nederst) gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Kun skade i den mest alvorlige (verste) skadekategorien med en betinget sannsynlighet over 1 % per måned er vist. Fargeskalaen illustrerer hvilken risikosone skaden ligger i Equinors risikomatrise (jf. kapittel 1.3). Tallene er avrundet til heltall. N/A betyr at det ikke finnes larver eller yngel i vannmassene den aktuelle måned.

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig												
Liten												
Moderat									1	1		
Alvorlig								3				
Svært Alvorlig	7	7	8	3	6	7	7				8	7
Stor												
Katastrofal												
Bestand	Havsule	Havsule	Havsule	Havhest	Lunde	Havhest	Havhest	Havsule	Havsule	Havsule	Havsule	Havsule

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig	100							100	100	100	100	100
Liten												
Moderat		13	12	11	9	10	11					
Alvorlig												
Svært Alvorlig												
Stor												
Katastrofal												
Bestand	N/A	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Viking-banken	Torsk og NVG sild	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabell 5.3: Illustrasjon av høyest beregnet miljøskade for strandflora gitt en utblåsning ved letebrønn 30/11-15 Krafra Midt Statfjord. Kun skade i den mest alvorlige (verste) skadekategorien med en betinget sannsynlighet over 1 % per måned er vist. Fargeskalaen illustrerer hvilken risikosone skaden ligger i Equinors risikomatrise (jf. kapittel 1.3). Tallene er avrundet til heltall.

Skadekategori	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Ubetydelig												
Liten												
Moderat												
Alvorlig												
Svært Alvorlig												
Stor												
Katastrofal	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.6
VØK	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora	Flora

Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	77.9%					
Liten		○	11.0%					
Moderat	○		4.0%					
Alvorlig	○		4.1%					
Svært alvorlig	○		3.0%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur 5.17: Miljørisiko for sjøfugl og sjøpattedyr for hele året ved Krafla Midt Statfjord. Miljørisikoen er basert på bestanden med gjennomsnittlig høyest miljøskade gjennom året. Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med frekvens på $1.01E-04$ (0.0101%). Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøkonsekvens $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatrisen.

Fisk	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	63%					
Liten		○	25.5%					
Moderat	○		11.4%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur 5.18: Miljørisiko for fisk for hele året ved Krafla Midt Statfjord. Miljørisikoen er basert på gytebestanden med gjennomsnittlig høyest miljøskade gjennom året. Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med frekvens på $1.01E-04$ (0.0101%). Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøkonsekvens $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatrisen.

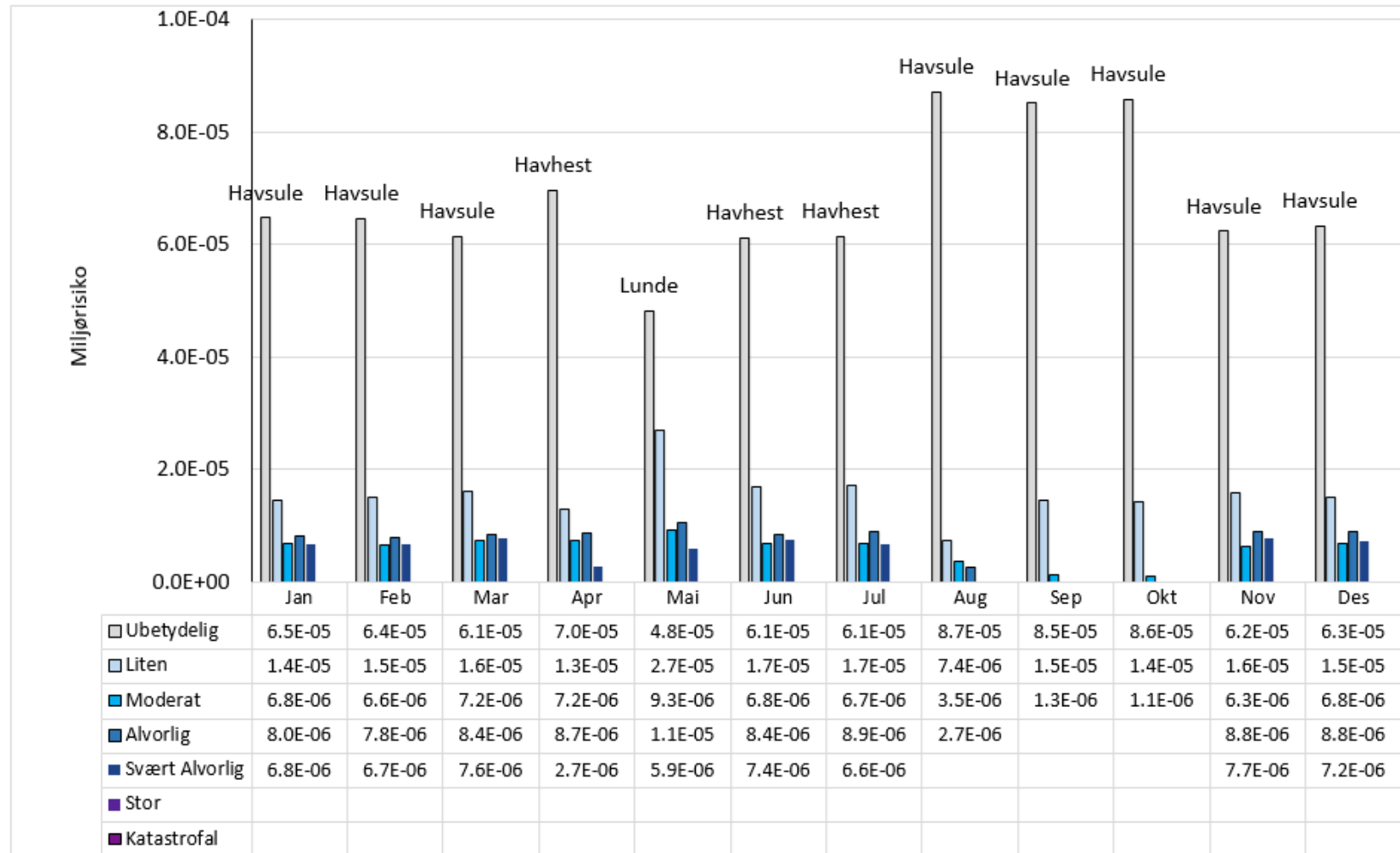
5.2. Miljørisiko

Flora	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0,01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	70.7%					
Liten	○		6.4%					
Moderat	○		7.9%					
Alvorlig	○		4.3%					
Svært alvorlig	○		5.3%					
Stor	○		3.9%					
Katastrofal	○		1.4%					
Ekstrem								

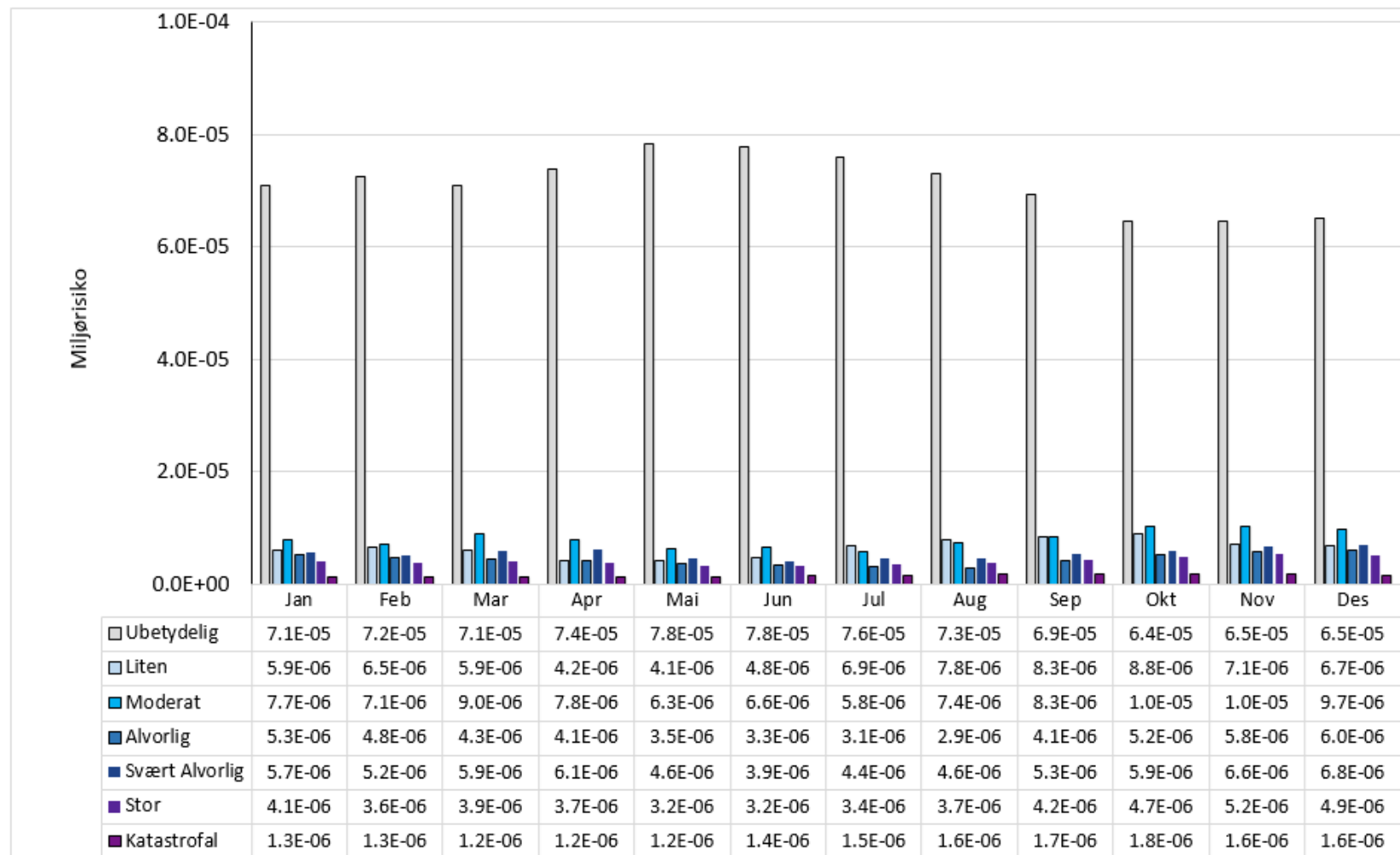
Figur 5.19: Miljørisiko for strand (flora) for hele året ved Krafla Midt Statfjord. Miljørisikoen er basert på gjennomsnittlig høyest miljøskade gjennom året. Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med frekvens på $1.01E-04$ (0.0101%). Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøkonsekvens $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatriksen.

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% $<10^{-5}$	0,001 - 0,01% $10^{-5} - 10^{-4}$	0,01 - 0,1% $10^{-4} - 10^{-3}$	0,1 - 1% $10^{-3} - 10^{-2}$	1 - 5% 0,01-0,05	5 - 25% 0,05-0,25	25 - 50% 0,25-0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat								
5/ Alvorlig		○						
6/ Svært alvorlig	○							
7/ Stor								
8/ Katastrofal	○							
9/ Ekstrem								

Figur 5.20: Miljørisiko for sjøfugl og sjøpattedyr (S), strand (K) og fisk (F) for hele året ved letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord. Miljørisikoen er basert på naturressursen (VØK-en) med gjennomsnittlig høyest miljøkonsekvens gjennom året. Kun miljørisiko over $1,01E-06$ nivå er angitt med hvit sirkel i matrisen. Miljørisikoen for fisk (tobis på Vikingbanken) er justert fra beregnet kategori moderat til kategori alvorlig.



Figur 5.21: Miljørisiko for de mest berørte pelagiske sjøfuglene per måned for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.



Figur 5.22: Miljørisiko for strand (flora) per måned for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.

6 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Miljøeffekt (uttrykt som bestandstap, larvetap og lengde berørt strandlinje) og miljøskade (uttrykt med RDF) er beregnet for sjøfugl, sjøpattedyr, gyteprodukter og strandlinje ved ERA Acute metodikk for letebrønn 30/11-15 Krafla Midt Statfjord.

Høyest beregnede gjennomsnittlige bestandstap for sjøfugl er under 6%. For strandfauna er gjennomsnittlig berørt strandlengde for alle strandtyper 284 km, og for strandflora 48 km. Det er opptil 1.8% betinget sannsynlighet for katastrofal skade på strand i oktober, og mellom 1.2 og 1.6% resten av året.

Brønnlokasjonen ligger kun ca. 10 km fra gyteområdet for tobis på Vikingbanken, og influensområdet i vannkolonnen overlapper med Vikingbanken. Gjennomsnittlig larvetap er 17%, med 95-persentiler på mellom 69 og 72%. Det er mellom 9-13% sannsynlighet for utslag i skadekategori moderat. På grunn av at Vikingbanken er antatt å være et isolert gyteområde og dermed vurdert å være særlig sårbart er skaden justert fra kategori moderat til kategori alvorlig i risikomatriksen.

Strandflora gir utslag i miljøskadekategori katastrofal, men med lav betinget sannsynlighet.

Miljøriskoen for fugl, sjøpattedyr og fisk ligger i grønt område i Equinors risikomatrikse, miljørisikoen for strand ligger i gult område.

7 MODELLERING AV BEREDSKAP I OSCAR

Det er gjennomført modellering av oljevernberedskap på åpent hav med beredskapsmodulen i OSCAR 11.0.1 for å undersøke effekt av ulike beredskapsalternativer som konsekvensreduerende tiltak. Mekanisk oppsamling, kjemisk dispergering og kombinasjon av disse er undersøkt. Bestandtap, miljøskade og miljørisiko for sjøfugl, sjøpattedy, fisk og lengde berørt strandlinje er beregnet vha. ERA Acute Programvare v.1.1.2.3 med kjernekalculator v.2.11.3 (jf. kap. 3.2).

7.1 DIMENSJONERENDE HENDELSE OG BEREDSKAPSBEHOV

Dimensjonerende hendelse for beredskapsanalysen er en utblåsning (dvs. overflate og sjøbunn) med vektet rate på 9 100 Sm^3/d og en vektet varighet på 16 dager (Equinor 2022). Ved modellering av oljevernberedskap i OSCAR modelleres både overflate- og sjøbunnsutblåsninger med deres respektive vektete utblåsningsrater. Modellerte rater og -varigheter er gitt i tabell 7.1.

Frekvensen for hendelsen er satt til 1,01E-04 (Equinor 2022).

Systembehovet er beregnet iht. til industristandarden for miljørettede beredskapsanalyser (Norsk olje og gass 2021) ved bruk av beredskapskalkulatoren til NOFO (BarKal) (NOFO 2021). Systembehovet på åpent hav, i barriere 1 og 2 er ni NOFO-systemer.

Tabell 7.1: Dimensjonerende rater for modellering av oljevernberedskap.

Lokasjon	Sanns. (%) lokasjon	Vektet rate (Sm^3/d)	Vektet varighet (døgn)
Overflate	25	9 300	15.6
Sjøbunn	75	9 000	16.5

Vektet utblåsningsrate og -varighet er valgt i modellering pga. dette er det dimensjonerende scenarioet for den planlagte aktiviteten. Utblåsningsraten dekker ca. 63 % av det total utfallsrommet for brønnen. Grunnen til at modellering ikke kjøres på hele utfallsrommet skyldes praktiske hensyn til maskintid.

7.2 METODE

Oljedrift og beredskap er modellert i OSCAR 11.0.1. Oljevernmodulen kjøres samtidig med oljedriftmodellen og beregner forflytning av oljevernssystemene og effektiviteten av oppsamling av olje basert på faktorer som tilstedeværelse av olje (mengde, tykkelse), lokale vind- og bølgeforhold, samt forekomst av dagslys eller mørke. Modellene er satt opp iht. Beste Praksis (Acona, Akvaplan-niva & DNV GL 2020) og nyeste informasjon fra NOFO-planverk. Det er modellert tre ulike tiltaksalternativer:

- R1: Mekanisk oppsamling

- R2: Kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering
- R3: Kjemisk dispergering

NOFO-systemene som er benyttet i de ulike alternativene og deres responstider er presentert i tabell [7.2](#). Merk at fartøyene i tabellen ikke nødvendigvis er de som blir benyttet under en faktisk aksjon.

For å identifisere tiltaksalternativet som gir størst miljøgevinst sammenlignes resultatene fra de ulike alternativene med resultater for oljedrift uten tiltak (R0) for følgende måltall:

- Massebalanse og mengde oppsamlet olje
- Strandingsstatistikk
- Miljøskade og -risiko

Hvert tiltaksalternativ er modellert stokastisk med 480 enkeltsimuleringer. Det er benyttet en følgetid på 20 dager. Modelloppsett og parameterne benyttet til å definere NOFO-systemene i OSCAR modellen er gitt i vedlegg [A](#).

Tabell 7.2: Responstider til NOFO-systemer på åpent hav for de tre tiltaksalternativene: R1, R2 og R3. M = mekanisk oppsamling, D = Kjemisk dispergering. Avløserfartøy Sør er fra Aasta Hansteen. Responstidene er rundet opp til nærmeste hele time.

R1	Lokasjon	Fartøy	Slepebåt	Resp. (t)
Syst.1	Troll/Oseberg	Stril Merkur	M Måløy	5
Syst.2	Sleipner/Utsira Nord	Esvagt Stavanger	M Egersund	11
Syst.3	Tampen	Stril Herkules	M Kristiansund	15
Syst.4	Mongstad	Mongstad 1. NOFO	M Slepebåt 24	24
Syst.5	Sleipner/Utsira Sør	Esvagt Bergen	M Slepebåt 24	24
Syst.6	Tananger	Stavanger 1. NOFO	M Slepebåt 24	24
Syst.7	Haltenbanken	Stril Poseidon	M Slepebåt 48	48
Syst.8	Ekofisk	Skandi Huguen	M Slepebåt 48	48
Syst.9	Avløserfartøy Sør	Ocean Response	M Slepebåt 48	48
Syst.10	Kristiansund	Kristiansund 1. NOFO	M N/A - MOS Sweeper	29

R2	Lokasjon	Fartøy	Slepebåt	Resp. (t)
Syst.1	Troll/Oseberg	Stril Merkur	D N/A	5
Syst.2	Sleipner/Utsira Nord	Esvagt Stavanger	D N/A	5
Syst.3	Tampen	Stril Herkules	D N/A	5
Syst.4	Sleipner/Utsira Sør	Esvagt Bergen	D N/A	7
Syst.5	Mongstad	Mongstad 1. NOFO	M Måløy	17
Syst.6	Tananger	Stavanger 1. NOFO	M Egersund	20
Syst.7	Haltenbanken	Stril Poseidon	M Kristiansund	20
Syst.8	Ekofisk	Skandi Huguen	M Slepebåt 24	24
Syst.9	Avløserfartøy Sør	Ocean Response	M Slepebåt 24	25

R3	Lokasjon	Fartøy	Slepebåt	Resp. (t)
Syst.1	Troll/Oseberg	Stril Merkur	D N/A	5
Syst.2	Sleipner/Utsira Nord	Esvagt Stavanger	D N/A	5
Syst.3	Tampen	Stril Herkules	D N/A	5
Syst.4	Sleipner/Utsira Sør	Esvagt Bergen	D N/A	7
Syst.5	Mongstad	Mongstad 1. NOFO	D N/A	17
Syst.6	Tananger	Stavanger 1. NOFO	D N/A	20
Syst.7	Haltenbanken	Stril Poseidon	D N/A	20
Syst.8	Avløserfartøy Sør	Ocean Response	D N/A	25
Syst.9	Aasta Hansteen	Havila Troll	D N/A	25

7.3 RESULTATER

I dette kapitlet presenteres resultater fra stokastisk modellering av ulike tiltaksalternativer (tiltaks pakker) i OSCAR i tre delkapitler: (1) Massebalanse, inkludert mengde oppsamlet olje, (2) strandingsstatistikk og (3) miljøskade (bestandstap) og miljørisiko.

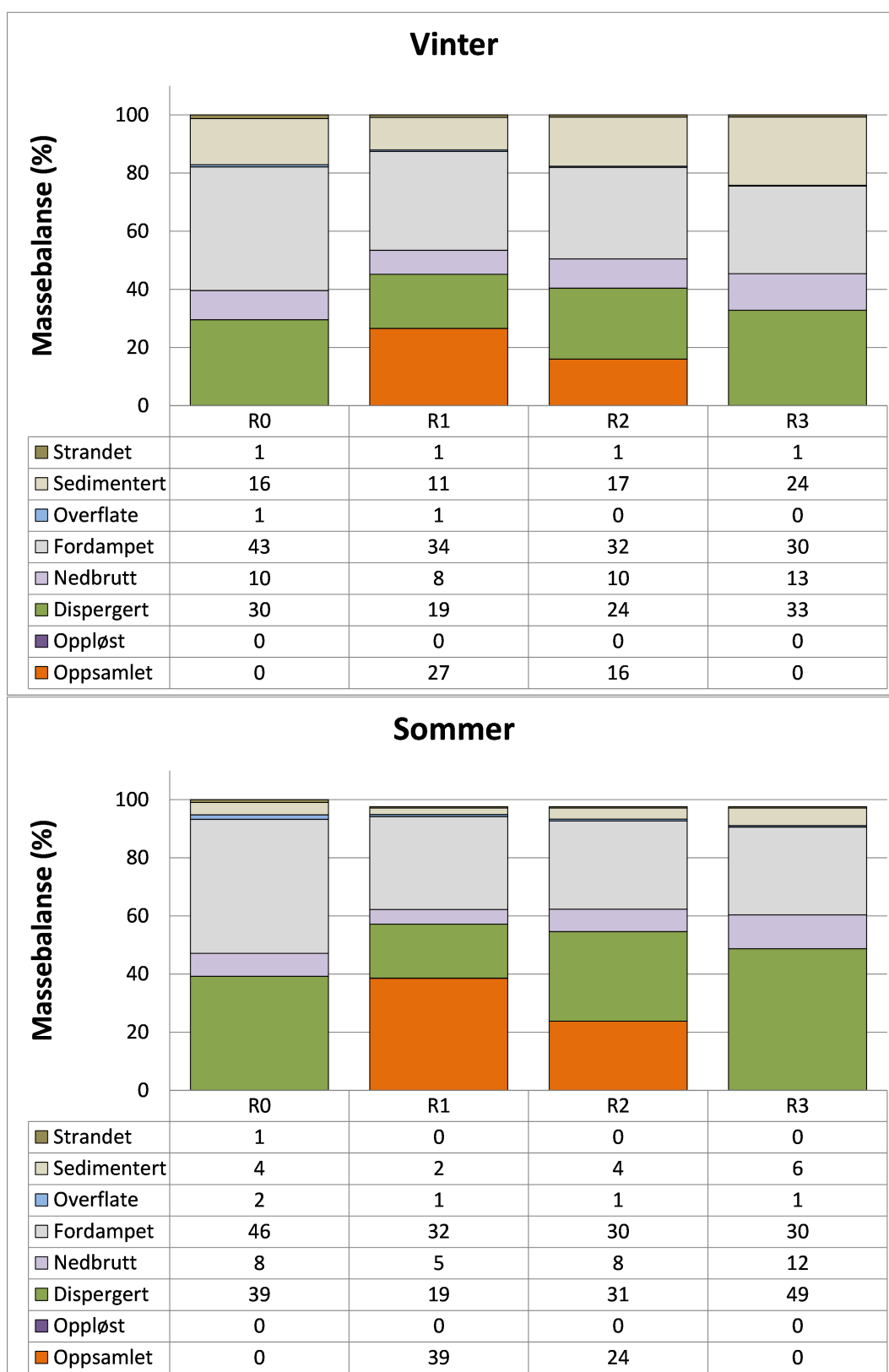
7.3.1 MASSEBALANSE

Gjennomsnittlig massebalanse for de ulike tiltaksalternativene er gitt i figur 7.1. Søylediagrammet viser hvordan det totale volumet av utslippet fordeler seg i åtte massebalanse kategorier (strandet, sedimentert (utenfor), overflate, fordampet, nedbrutt, dispergert, oppløst og oppsamlet) ved endt simuleringsperiode. Figurene inkluderer resultat fra modellering av både overflate- og sjøbunnsutblåsninger. Separate figurer for massebalanse for hhv. overflate- og sjøbunnsutblåsninger er gitt i vedlegg A.

Figuren viser at uten beredskapstiltak vil det meste av utslippet fordampe (43 % og 46 %), nedblandes (dispergeres) i vannmassene (30 % og 39 %) eller brytes ned (10 % og 8 %). Ved endt simulering er inntil 2 % av utslippet igjen på overflaten og 1,3 % og 1,0 % har strandet i hhv. vinter- og sommersesongen. Av utslippet mengde olje (147 6450 m³ eller 123 874 tonn) utgjør dette hhv. 1 590 tonn og 1 179 tonn olje.

Gjennomsnittlig andel oppsamlet olje av totalutslippet er som forventet høyest for alternativ R1 (kun mekanisk oppsamling). For alternativ R1 samles i gjennomsnitt 27 % av utslippet opp i vintersesongen og 39 % i sommersesongen, mens tilsvarende mengder for alternativ R2 (kombinasjon av mekanisk og dispergering) er 16 % og 24 %. Alternativ R3 (kun kjemisk dispergering) øker, som forventet mengde av oljen i vannkolonnen og mengden av olje som blir nedbrutt, og også mengde sedimentert i vintersesongen. Den samlede effekten av hvordan dette slår inn på strandingssannsynlighet og -mengde og miljøskade og -risiko er undersøkt i de to avsnittene nedenfor.

Effektiviteten, målt som andel oppsamlet olje er større for overflateutblåsninger enn sjøbunnsutblåsninger. For eksempel er effektiviteten om sommeren for overflateutblåsninger 55 %, mens den er 34 % for sjøbunnsutblåsninger (se figur A.1 og figur A.1 i vedlegg A). Siden sjøbunnsutblåsninger har tre ganger så høy sannsynlighet som overflateutblåsninger blir effektiviteten for det dimensjonerende scenarioet 39 % i sommersesongen.



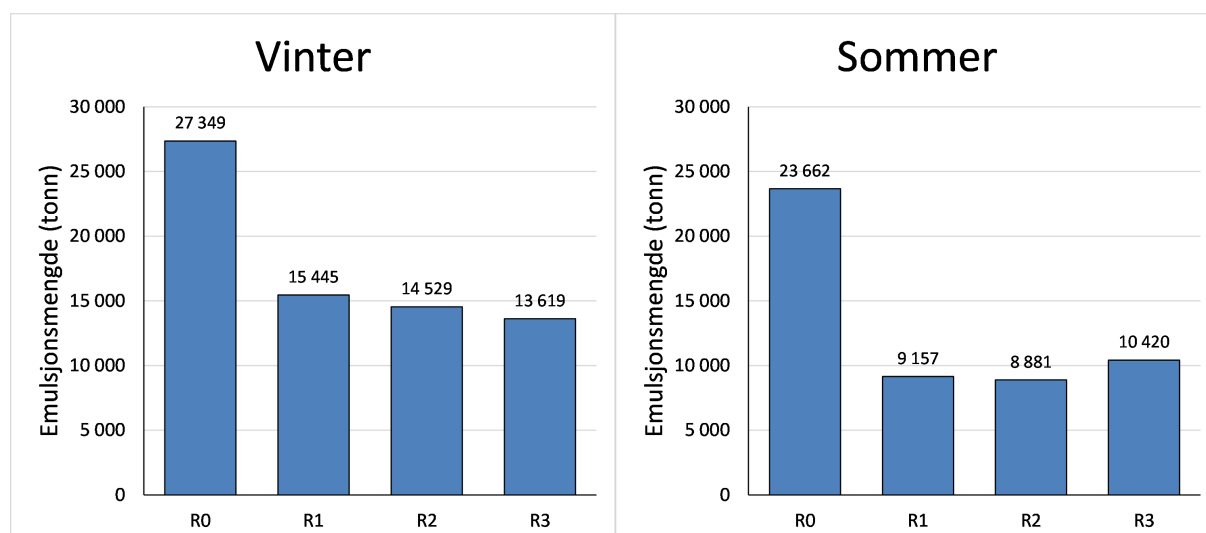
Figur 7.1: Gjennomsnittlig massebalanse ved endt simulering gitt en utblåsning med dimensjonerende rate og varighet i vintersesongen (øverst) og i sommersesongen (nederst) for modellering uten (R0) og med tiltak (R1, R2 og R3). Figurene inkluderer resultat fra modellering av både overflate- og sjøbunnsutblåsninger.

7.3.2 STRANDINGSSTATISTIKK

Strandingsstatistikk for hele kystlinjen for de ulike tiltaksalternativene er vist i tabell 7.3. Alle beredskapsalternativene gir stor reduksjon i strandingsmengde. I vintersesongen gir alternativ R3 (kjemisk dispergering) størst reduksjon i strandingsmengdene, mens det i sommersesongen er alternativ R2 (kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering) som gir mest reduksjon. Prosentvis nedgang er tilsvarende for P50- (medianen) og P95-verdiene og er i gjennomsnitt 48 % (44 %-51 %) i vintersesong og 59 % (54 %-62 %) i sommersesongen. Ingen av alternativene har noen særlig effekt på sannsynlighet for stranding og korteste drivtid til land.

Tabell 7.3: Strandingsstatistikk for all oljeberørt kyst gitt en utblåsning med dimensjonerende rater og varigheter. Kolonnene dekker sannsynlighet for stranding, drivtid, og strandet mengde oljeemulsjon. Strandingsmengde og drivtider oppgitt som ulike persentiler fra deres respektive sannsynlighetsfordelinger.

Alternativ	Sanns. (%)		Drivtid (d)		Strandet mengde emulsjon (tonn)			
			P95		P50		P95	
	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer
R0	100	87	6	8	5 943	2 128	27 349	23 662
R1	100	83	6	8	3 134	846	15 445	9 157
R2	100	83	6	9	2 929	818	14 529	8 881
R3	100	81	6	9	2 836	970	13 619	10 420



Figur 7.2: Illustrasjon av 95-persentilene av strandingsmengder fra tabell 7.3, dvs. strandet mengde oljeemulsjon gitt en utblåsning med dimensjonerende rater og varigheter i vintersesongen (venstre) og sommersesongen (høyre).

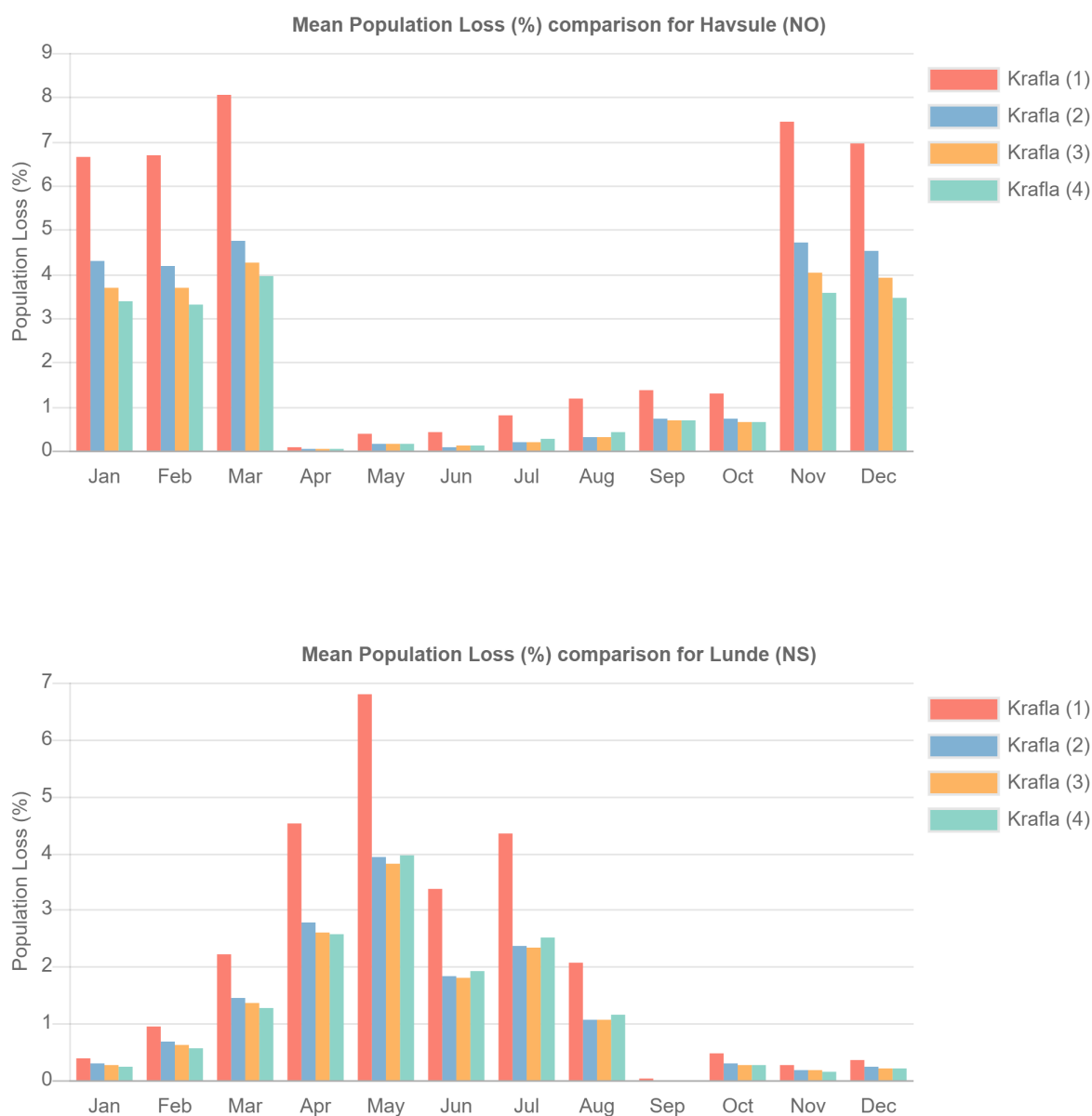
7.3.3 MILJØSKADE

Effekten av de ulike tiltaksalternativene er undersøkt på et komplett datasett av VØK-er og er presentert for de mest berørte naturressursene. Resultatene i dette kapitlet er presentert per måned (og ikke per halvår). Det er to grunner til dette: (1) sammenligningsmodulen i ERA Acute-programvaren gir resultater per måned, og (2) forekomsten av sjøfugl og gyteprodukter i området rundt feltet varierer mye innenfor et halvår.

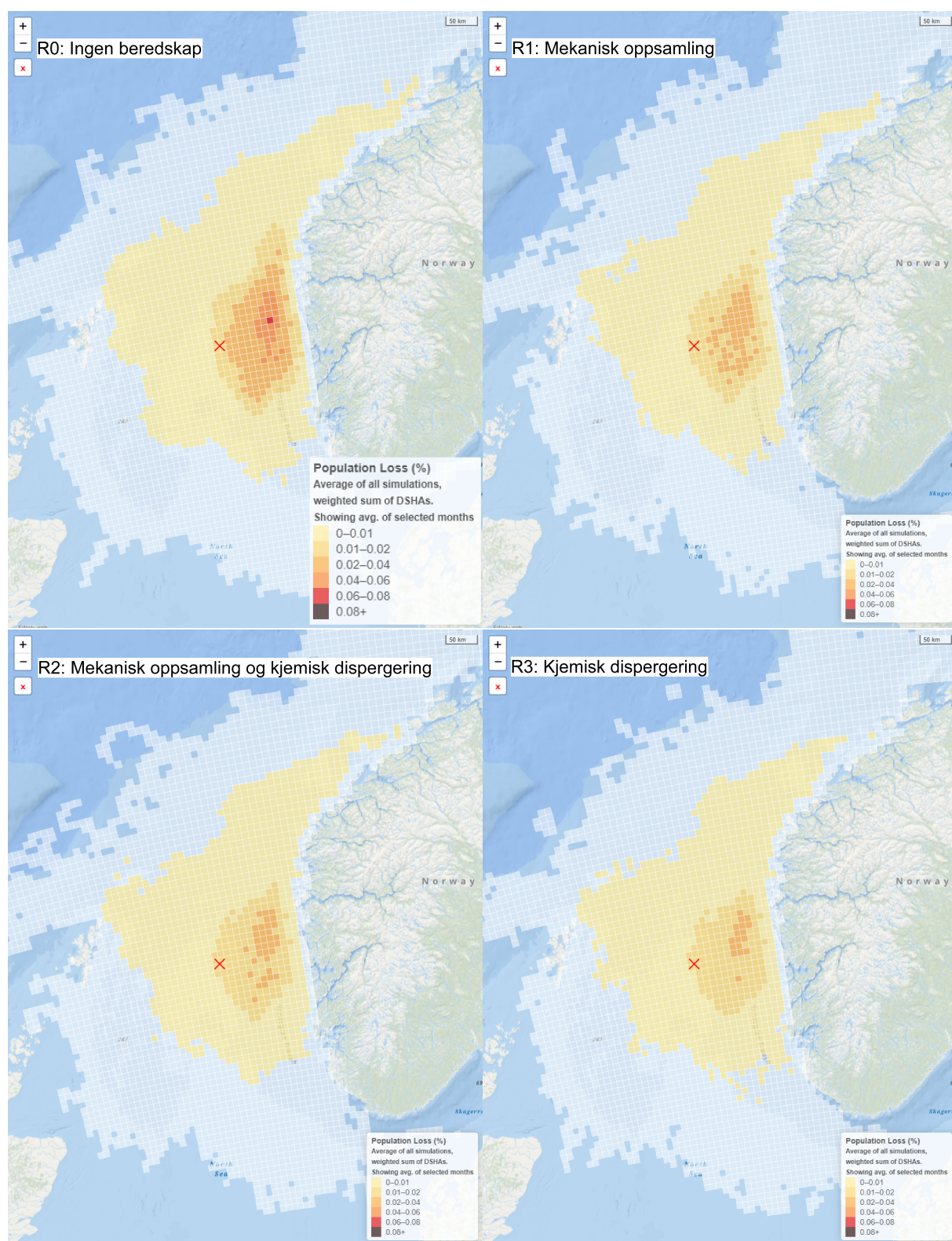
BESTANDSTAP Gjennomsnittlig tap for de to mest berørte bestandene for sjøfugl og sjøpattedyr er presentert i figur 7.3. Det er stor forskjell i bestandstap gjennom året. Gjennomsnittlig bestandstap uten beredskap for havsule varierer mellom 0,1 % og 8,1 % med et gjennomsnitt på 3,4 % og for lunde varierer tapet fra 0,0 % til 6,8 % med et gjennomsnitt på 2,2 %. Havsule har høyest tap i høst- og vintersesongen, mens lunde har størst tap i hekkeperioden, april til august.

Alle alternativene har stor effekt på bestandstap. I gjennomsnitt er det en nedgang i prosent på 54 % for havsule og 41 % for lunde. For havsule gir alternativ R3 (kun kjemisk dispergering) størst nedgang, men også R2 (kombinasjon av mekanisk og kjemisk dispergering) gir mer effekt enn R1 (kun mekanisk). For lunde er det liten forskjell i effekt av de tre alternativene.

Kart som viser beregnet skade på nasjonal bestand av havsule i mars på åpent hav, er illustrert i figur 7.4. Figuren viser at alle tiltakene resulterer i mindre tap i sjøruter lokalisert øst for brønner, sammenliknet med modellering uten tiltak, og at det er færre antall ruter med registrert tap. Forskjellene mellom de ulike alternativene vises også i kartene.



Figur 7.3: Gjennomsnittlig bestandstap for de to mest berørte sjøfuglbestandene, havsule (øverst) og lunde (nederst). Krafla 1 = R0: Ingen beredskap, Krafla 2 = R1: Mekanisk oppsamling, Krafla 3 = R2: Kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og Krafla 4 = R3: Kjemisk dispergering. Figurene inkluderer resultat fra modellering av både overflate- og sjøbunnsutblåsninger. Merk at y-skalaen er forskjellig i de to figurene.

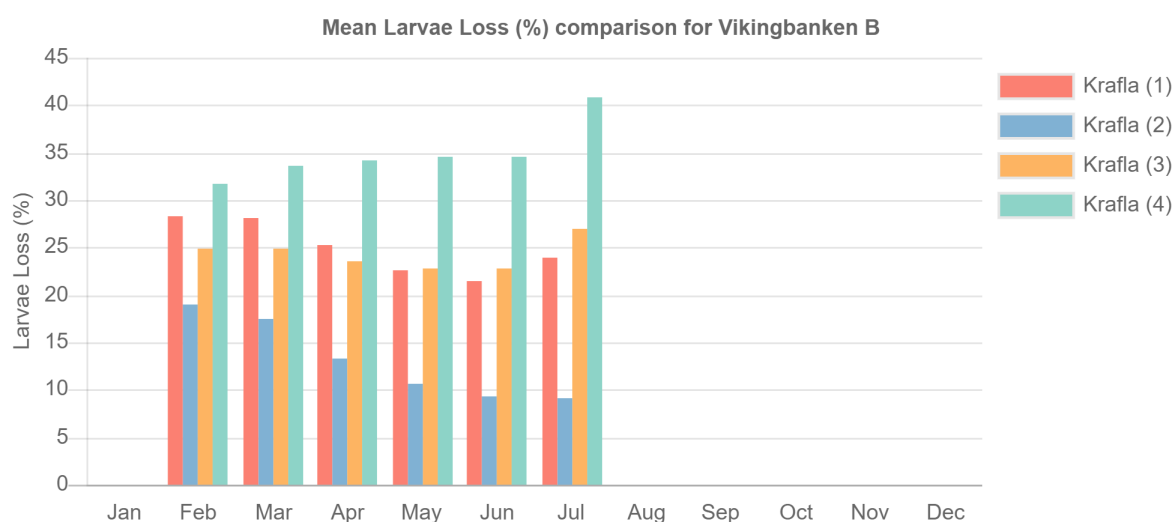


Figur 7.4: Kart som viser bestandstap for nasjonal bestand av havsule på åpent hav i mars for de ulike beredskapsalternativene som er modellert.

TOBIS VED VIKINGBANKEN Gjennomsnittlig larvetap er presentert i figur 7.5. Det er kun i månedene februar til juli det er larver eller yngel i vannmassen (se vedlegg C.3 for detaljer). Gjennomsnittlig larvetap uten beredskap (R0) er 25 % og varierer mellom 21 % og 28 %.

Det er stor forskjell i effekten av de ulike alternativene. I gjennomsnitt er det en reduksjon i larvetap på 45 % for alternativ R1 (kun mekanisk), mens det er en økning i larvetap på 42 % for alternativ R3 (kun kjemisk dispergering). For R2 (kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering) det i gjennomsnitt en reduksjon på 2 %. I perioden februar-april reduserer alternativ R2 larvetapet, mens i perioden mai-juni øker dette alternativet larvetapet.

Det skal bemerkes at larvedatasettet og sårbarheten til larvene (responskurven) er identiske i hele perioden der det er larver i vannmassen og variasjon i larvetap for hvert alternativ skyldes derfor forskjell i de stokastiske oljedriftsimuleringene, dvs, estimert mengde total oljekonsentrasjon i vannmassene (se vedlegg C.3 for detaljer).



Figur 7.5: Gjennomsnittlig larvetap for tobis på SVO Vikingbanken. Krafla 1 = R0: Ingen beredskap, Krafla 2 = R1: Mekanisk oppsamling, Krafla 3 = R2: Kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og Krafla 4 = R3: Kjemisk dispergering. Figurene inkluderer resultat fra modellering av både overflate- og sjøbunnsutblåsninger.

LENGDE BERØRT STRANDLINJE Gjennomsnittlig berørt strandlinje for fauna og flora er presentert i figur 7.6 . Det er stor forskjell i påvirket strandlengde gjennom året. Gjennomsnittlig lengde påvirket strandlinje uten beredskap for fauna varierer fra 189 km til 505 km med et gjennomsnitt på 351 km og for flora varierer påvirket lengde mellom 20 og 64 km med en gjennomsnitt på 39 km.

Alle alternativene har stor effekt på skaden på strand. I gjennomsnitt er det en reduksjon i lengde påvirket strandlinje på 36 % for fauna og 53 % for flora. Forskjellen i effektivitet skyldes

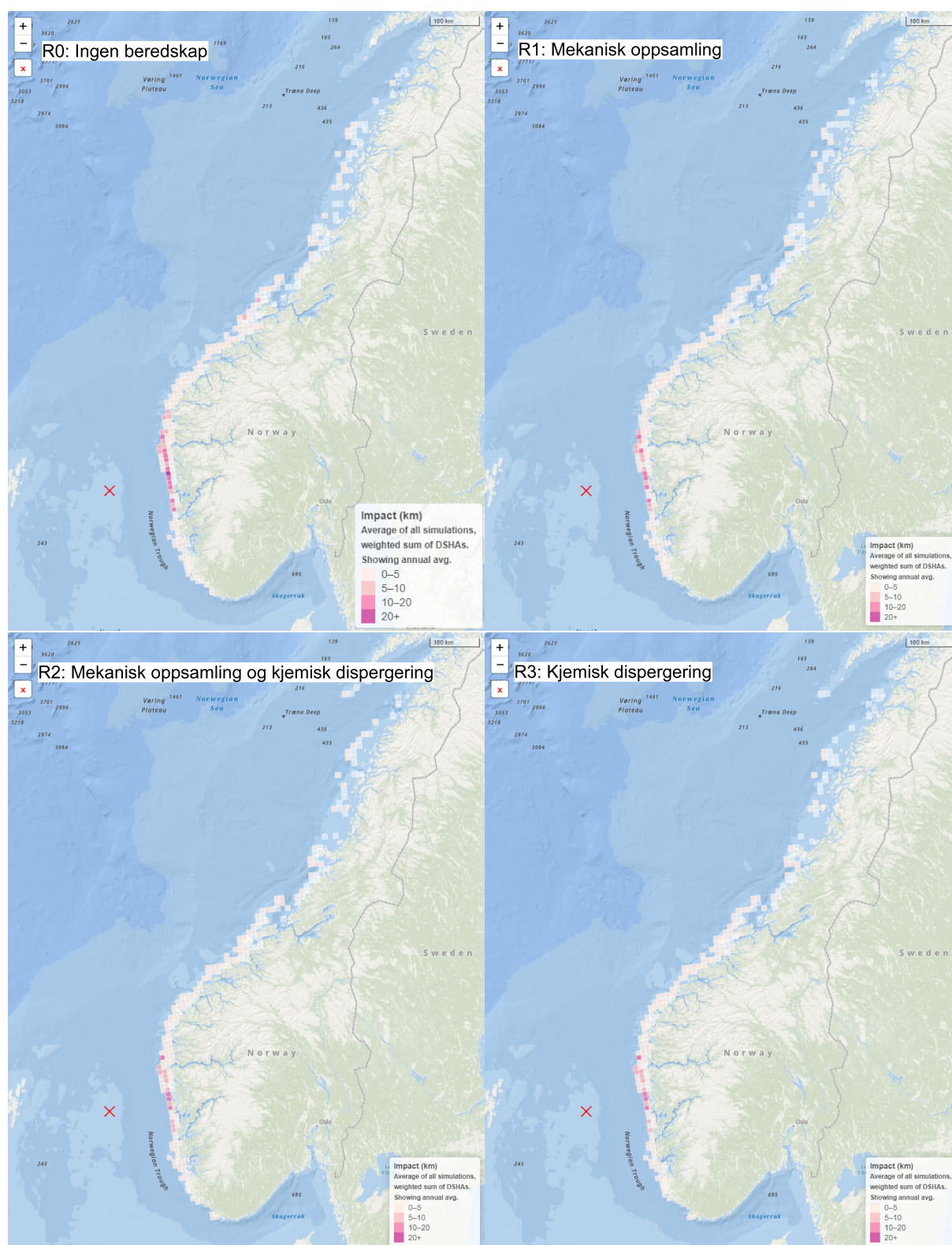
7.3. Resultater

trolig at grenseverdien for flora er 10 ganger så stor som for fauna (1,0 mm versus 0,1 mm) slik at oljemengden som slipper unna beredskapen og når land i mange tilfeller ikke er tilstrekkelig til å overstige grenseverdien. Innbyrdes rangering av alternativene er lik for fauna og flora, der alternativ R3 (kun kjemisk dispergering) etterfulgt av R2 (kombinasjon av mekanisk og kjemisk dispergering) og R1 (kun mekanisk) størst reduksjon i skaden. Dette er lik rangering av alternativene som for overflateressurser.

Kart som viser beregnet skade på fauna for hele året, er illustrert i figur 7.7. Figuren viser at alle tiltakene resulterer i færre påvirkede strandruter langs kysten og tildels mindre strand-segmenter innenfor rutene lokalisert på vestlandet. Forskjellene mellom de ulike alternativene er også mulig å identifisere i kartene.



Figur 7.6: Gjennomsnittlig påvirket strandlengde for fauna (øverst) og flora (nederst). Krafla 1 = R0: Ingen beredskap, Krafla 2 = R1: Mekanisk oppsamling, Krafla 3 = R2: Kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og Krafla 4 = R3: Kjemisk dispergering. Figurene inkluderer resultat fra modellering av både overflate- og sjøbunnsutblåsninger. Merk at y-skalaen er forskjellig i de to figurene.



Figur 7.7: Kart som viser påvirkning på strandfauna for hele året for de ulike beredskapsalternativene som er modellert.

7.3.4 EFFEKT AV BEREDSKAP I KYSTSONEN OG STRANDRENSING

I denne analysen er planlagt beredskap på åpent hav modellert og effekt av beredskap i kystsonen (barriere 3 og 4) og strandrensing (barriere 5) er ikke inkludert. Planlagt beredskap i kystsonen er kapasitet tilsvarende 12 systemer i barriere 3 og ni systemer i barriere 4 (Equinor 2021). Effektiviteten av beredskap i kystsonen er kjent for å være en god del lavere enn NOFO-systemene på åpent hav. Erfaring av modellering av beredskap i barriere 3 og 4 i Oscar viser varierende resultater og det er noe usikkerhet knyttet til hvor godt beredskapsmodulen er egnet for modellering av beredskap i kystbarrierene. NOFO-kalkulatoren «Barkal» antyder svært god effektivitet i barriere 3 og 4, med nominelle effektivitetstall på rundt 80-90 % i beskyttede områder og 3 % til 40 % utaskjærs (NOFO 2022).

Til tross for om det er vanskelig å kvantifisere effekten av oljevern i kystbarrierene, er det ikke tvil om at beredskap i kystsonen vil redusere oljemengde og lengden av strandlinjen som blir berørt ytterligere i forhold til det analyseresultatene som er presentert viser.

Effekt av strandrensing vil kunne påvirke både lag- og restitusjonstiden for strandhabitat, og dermed miljøskadeindeksen, RDF, som benyttes til å kvantifisere skaden. DNV har undersøkt muligheten av å justere disse to tidsfaktorene i ERA Acute for ulike strandtyper (DNV 2022). Foreløpig forslag er å inkludere en korreksjonsfaktor for lag-tiden på mellom 0,25 og 1, der 1 betyr ingen effekt av strandrensing. En korreksjonsfaktor på for eksempel 0,5 på en 100 km berørt strandlinje bestående av ESI 3, 4, 5, 6 og/eller 7 strandtyper ville for medium til tunge oljer redusert RDF-verdien fra 250 km-år til 200 km-år. Det er imidlertid kun foreløpig forslag og det er behov for mer arbeid før det konkluderes med metode og størrelse av faktorer for implementering i ERA Acute.

7.3.5 MILJØRISIKO

I dette kapittelet presenteres resultater fra modellering av oljevernberedskap vurdert mot Equinors risikomatrise. Miljøriskoen er beregnet for VØK-en (naturressursen) med høyest gjennomsnittlig bestandstap, larvetap og lengde påvirket strandlinje for den verste måneden og for den planlagte boreperioden, september. Detaljerte risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan matrisene i dette kapittelet er konstruert er gitt vedlegg A.

EFFEKT AV BEREDSKAP PÅ SKADE I DEN VERSTE MÅNEDEN Risikomatriser for sjøfugl og sjøpattedyr er presentert i figur 7.8, illustrert med miljøskade på nasjonal bestand av havsule i mars. Miljøriskoen ligger i grønn sone både uten (R0) og med beredskap (R1, R2 og R3). Effekten av beredskap vises i matrisen ved at risikoen flyttes opp fra skadekategori alvorlig til moderat. For alternativ R3 (kjemisk dispergering), reduseres i tillegg sannsynlighet for moderat skade så mye til at risikoen også flyttes et hakk til venstre, fra frekvensintervall 2 (0,001-0,01 %) til frekvensintervall 1 (<0,001 %).

Risikomatriser for fisk er presentert i figur 7.9, illustrert med miljøskade på tobisbestanden

på SVO Vikingbanken i mars. Som for fugl ligger miljørisikoen i grønn sone både uten (R0) og med beredskap (R1, R2 og R3). Effekten av beredskap vises i matrisen ved at risikoen flyttes fra frekvensintervall 2 til frekvensintervall 1 for alternativ R1 (mekanisk oppsamling) og R2 (kombinert mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering). Alternativ 3 (kjemisk dispergering) resulterer, uventet også i en liten reduksjon i risiko i mars, ved at sannsynlighetene for en moderat skade reduseres fra 15 % til 13 %, som vist i figur A.4 i vedlegg A. Dette betyr at selv om larvetapet og miljøskaden i gjennomsnitt er høyere med alternativ R3 enn R0 er det færre enkeltsimuleringer som gir moderat skade (dvs. RDF-verdier mellom 50 og 100) med alternativ R3 enn R0 (hhv. 72 stk. vs. 62 stk.) i mars. Det antas at dette kan skyldes et samspill mellom værforhold og effekt av dispergeringsmiddel (dråpestørrelse, forvitring og spredning) som reduserer sannsynligheten for de aller største larvetapene i mars (og februar). Det er kun sannsynlighet i verste skadekategori (her moderat) som bestemmer innplassering i risikomatriksen. For alle andre måneder er sannsynligheten for en moderat skade høyere for R3 enn R0 (hhv. 13 % vs. 4 % i april, 7 % vs. 21 % i mai, 13 % vs. 24 % i juni og 11 % vs. 40 % i juli). Mars er valgt da dette var måneden med høyeste larvetap uten beredskap.

Risikomatriser for strand er presentert i figur 7.10, illustrert med miljøskade på fauna i desember. Miljørisikoen ligger i gul sone for alternativ R0 (ingen beredskap), R1 og R2 og i grønn sone for alternativ R3 (kun kjemisk dispergering). Effekten av beredskap vises i matrisen ved at risikoen flyttes til venstre (pga. lavere sannsynlighet for en svært alvorlig skade, se figur A.5 i vedlegg A). For alternativ R3 reduseres sannsynligheten for en svært alvorlig skade tilstrekkelig (til under 10 %) til at risikoen flyttes fra frekvensintervall 2 til 1, og dermed også fra gul til grønn risikosone. For de andre reduseres også sannsynligheten for en svært alvorlig skade (se figur A.5 i vedlegg A), men altså ikke tilstrekkelig til at risikoen flyttes til frekvensintervall 1.

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat	③	② ①						
5/ Alvorlig		①						
6/ Svært alvorlig								
7/ Stor								
8/ Katastrofal								
9/ Ekstrem								

Figur 7.8: Miljørisiko for sjøfugl for ulike oljevernberedskapsalternativer. (0): Ingen respons, (1) mekanisk oppsamling, (2) kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og (3) kjemisk dispergering. Miljørisiko er beregnet fra en frekvens på 1.01E-04 (0.0101%) og fra estimert sannsynlighet for miljøskade på nasjonal bestand av havsule i mars. Kun miljørisiko over 1,01E-06 nivå er angitt i matrisen. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan denne matrisen er konstruert er gitt i figur A.3 i vedlegg A.

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat	① ②	③ ①						
5/ Alvorlig								
6/ Svært alvorlig								
7/ Stor								
8/ Katastrofal								
9/ Ekstrem								

Figur 7.9: Miljørisiko for fisk for ulike oljevernberedskapsalternativer. (0): Ingen respons, (1) mekanisk oppsamling, (2) kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og (3) kjemisk dispergering. Miljørisiko er beregnet fra en frekvens på 1.01E-04 (0.0101%) og fra estimert sannsynlighet for miljøskade på tobis på SVO Vikingbanken i mars. Kun miljørisiko over 1,01E-06 nivå er angitt i matrisen. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan denne matrisen er konstruert er gitt i figur A.4 i vedlegg A.

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1,5 år	Ofte enn en gang hver 1,5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat								
5/ Alvorlig								
6/ Svært alvorlig		③ ② ① ① ① ① ① ① ① ①						
7/ Stor								
8/ Katastrofal								
9/ Ekstrem								

Figur 7.10: Miljørisiko for strand (fauna og flora) for ulike oljevernberedskapsalternativer. (0): Ingen respons, (1) mekanisk oppsamling, (2) kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og (3) kjemisk dispergering. Miljørisiko er beregnet fra en frekvens på 1.01E-04 (0.0101%) og fra estimert sannsynlighet for miljøskade på strandfauna i desember. Kun miljørisiko over 1,01E-06 nivå er angitt i matrisen. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan denne matrisen er konstruert er gitt i figur A.5 i vedlegg A.

EFFEKT AV BEREDSKAP I SEPTEMBER Risikomatriser for sjøfugl og sjøpattedyr er presentert i figur 7.11, illustrert med miljøskade på nasjonal bestand av havsule. Miljørisikoen ligger i grønn sone både uten (R0) og med beredskap (R1, R2 og R3). Effekten av beredskap vises i matrisen ved at risikoen flyttes fra skadekategori liten til skadekategori ubetydelig for alle tiltaksalternativene.

Risikomatriser for fisk er presentert i figur 7.12. Det er ingen eller svært lavt larvetap både uten og med beredskap, og dermed ingen målbar skade på fiskebestandene som inngår i ERA Acute analysen (dvs. norsk vårgytende sild, nordøstarktisk torsk og tobis på Vikingbanken) i september. Risikoen plasseres i skadekategori ubetydelig for modellering uten og med beredskap.

Risikomatriser for strand er presentert i figur 7.13, illustrert med miljøskade på fauna i september. Miljørisikoen ligger i gul sone for alternativ R0 (ingen beredskap) og R1 (mekanisk oppsamling) og i grønn sone for alternativ R2 (kombinert mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering) R3 (kun kjemisk dispergering). Effekten av beredskap vises i matrisen ved at risikoen flyttes til venstre (pga. lavere sannsynlighet for en svært alvorlig skade, se figur A.8 i vedlegg A). For alternativ R2 og R3 reduseres den betingede sannsynligheten for en svært alvorlig skade til under 10 % slik at risikoen flyttes fra frekvensintervall 2 til 1, og dermed også fra gul til grønn risikosone.

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig		① ② ③						
3/ Liten	①							
4/ Moderat								
5/ Alvorlig								
6/ Svært alvorlig								
7/ Stor								
8/ Katastrofal								
9/ Ekstrem								

Figur 7.11: Miljørisiko for sjøfugl for ulike oljevernberedskapsalternativer. (0): Ingen respons, (1) mekanisk oppsamling, (2) kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og (3) kjemisk dispergering. Miljørisiko er beregnet fra en frekvens på 1.01E-04 (0.0101%) og fra estimert sannsynlighet for miljøskade på nasjonal bestand av havsule i september. Kun miljørisiko over 1,01E-06 nivå er angitt i matrisen. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan denne matrisen er konstruert er gitt i figur A.6 i vedlegg A.

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig		① ① ② ③						
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat								
5/ Alvorlig								
6/ Svært alvorlig								
7/ Stor								
8/ Katastrofal								
9/ Ekstrem								

Figur 7.12: Miljørisiko for fisk for ulike oljevernberedskapsalternativer. (0): Ingen respons, (1) mekanisk oppsamling, (2) kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og (3) kjemisk dispergering. Miljørisiko er beregnet fra en frekvens på 1.01E-04 (0.0101%) og fra estimert sannsynlighet for miljøskade på tobis på SVO Vikingbanken, norsk vårgytende sild og nordøstarktisk torsk i september. Kun miljørisiko over 1,01E-06 nivå er angitt i matrisen. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan denne matrisen er konstruert er gitt i figur A.7 i vedlegg A.

7.3. Resultater

SANNSYNLIGHET/ returperiode	> 100 000 år	100 000 – 10 000 år	10 000 – 1 000 år	1 000 – 100 år	100 – 20 år	20 – 4 år	4 – 1.5 år	Ofte enn en gang hver 1.5 år
	< 0,001% <10 ⁻⁵	0,001 - 0,01% 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	0,01 - 0,1% 10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	0,1 - 1% 10 ⁻³ - 10 ⁻²	1 - 5% 0,01 - 0,05	5 - 25% 0,05 - 0,25	25 - 50% 0,25 - 0,5	> 50% > 0,5
1/ Ubetydelig								
2/ Ubetydelig								
3/ Liten								
4/ Moderat								
5/ Alvorlig								
6/ Svært alvorlig	3 2	1 0						
7/ Stor								
8/ Katastrofal								
9/ Ekstrem								

Figur 7.13: Miljørisiko for strand (fauna og flora) for ulike oljevernberedskapsalternativer. (0): Ingen respons, (1) mekanisk oppsamling, (2) kombinasjon av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering, og (3) kjemisk dispergering. Miljørisiko er beregnet fra en frekvens på 1,01E-04 (0,0101%) og fra estimert sannsynlighet for miljøskade på strandfauna i september. Kun miljørisiko over 1,01E-06 nivå er angitt i matrisen. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ med illustrasjon av hvordan denne matrisen er konstruert er gitt i figur A.8 i vedlegg A.

BIBLIOGRAFI

- Ole Morten Aamo, Mark Reed, and Keith Downing. Oil spill contingency and response (oscar) model system: sensitivity studies. In *International Oil spill conference*, volume 1997, pages 429–438. American Petroleum Institute, 1997.
- Acona. Bjørgesæter, A., Damsgaard Jensen, J. ERA Acute Phase 3. Surface compartment. Acona report to Statoil and Total. Report No. 37571 . 2015.
- Acona, Akvaplan-niva & DNV GL. Oljedriftsmodellering for standard miljørisikoanalyser i MIRA & ERA Acute ved bruk av OSCAR - beste praksis, 2020.
- Acona, Akvaplan-niva og DNV GL. Presentasjon og kommunikasjon av resultater fra en ERA Acute analyse. ERA Acute Notat til NOROG, 2020.
- Akvaplan-niva, DNV GL. Norwegian Shoreline Data Set with ESI-classification in ERA Acute Format. Document Number 60043.05, 2019.
- Asbjørn Christensen, Henrik Jensen, Henrik Mosegaard, Mike St. John, and Corinna Schrum. Sandeel (*Ammodytes marinus*) larval transport patterns in the North Sea from an individual-based hydrodynamic egg and larval model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(7):1498–1511, 2008.
- DNV. Brude, O.W., Rusten, M., Braaten, M., 2015. Era Acute Phase 3 Shoreline. Development of Shoreline Compartment Algorithms. DNV GL Report No.: 2015-0552, Rev. 1. Oslo. 2015.
- Equinor. Blowout scenario analysis for no 30/11-15 krafla midt statfjord well rev. 3. document no.: St-22035. Technical report, 2022.
- Per Fauchald. Hvordan bruke nye datasett for bedre prediksjoner for sjøfugl i åpent hav. Presentasjon av Per Fauchald (NINA) på arbeidsmøte SEATRACK data og bruk i miljørisikoanalyser, Gardermoen, Oslo 02.11.2016. Technical report, NINA, 2016.
- Per Fauchald, Arnaud Tarroux, Vegard Sandøy Bråthen, Sebastien Descamps, Morten Ekker, Hálf-dán Helgi Helgason, Benjamin Merkel, Børge Moe, Jens Åström, and Hallvard Strøm. Arctic-breeding seabirds hotspots in space and time-A methodological framework for year-round modelling of environmental niche and abundance using light-logger data. NINA report 1657. 2019.
- Per Fauchald, Arnaud Tarroux, Françoise Amélineau, Vegard Sandøy Bråthen, Sébastien Descamps, Morten Ekker, Halfdan Helgi Helgason, Malin Kjellstadli Johansen, Benjamin Merkel, Børge Moe, et al. The year-round distribution of Northeast Atlantic seabird populations: Applications for population management and marine spatial planning. *Mar. Ecol. Progress Series*. <https://doi.org/10.3354/meps13854>, 2021.
- Havforskningsinstituttet. Kunnskapsstatus for havsil i norsk sone av Nordsjøen. Status of knowledge for lesser sandeel in Norwegian zone of the North Sea. Rapport fra havforskningen. 2021-33. ISSN:1893-4536. Technical report, Havforskningsinstituttet, 2021.

- Henriksen, G. & Røv, N. *Kystsel, havert og steinkobbe*. ISBN 82-519-1853-7. Tapir akademiske forlag, Trondheim., 2004.
- HI. Temasider fisk: Tobis, 2021. URL <http://www.imr.no/temasider/fisk/tobis/nb-no>.
- IKM Acona. Samlet påvirkning av tobis ved Vikingbanken. Kunnskapsstatus og risikovurdering for Equinors aktiviteter ved Vikingbanken SVO. Technical report, IKM Acona, 2022.
- Klima- og miljødepartementet 2020. Helhetlige forvaltningsplaner for de norske havområdene.
- National Research Council of the National Academies. Oil Spill Dispersants: Efficacy and Effects. The National Academies Press, Washington, DC. doi:10.17226/11283, 2005.
- H Nilsen, JH Greiff, T Nordtug, and O Johansen. Threshold values and exposure to risk functions for oil components in the water column to be used for risk assessment of acute discharges (EIF Acute). 2005.
- NINA. Særlig verdifulle områder (SVO) for sjøfugl - området Nordsjøen - Norskehavet. Rapport 230. 2007.
- NINA. Tverrsektoriell vurdering av konsekvenser for sjøfugl. Grunnlagsrapport til en helhetlig forvaltningsplan for Norskehavet. 2008.
- NOFO. Barriere kalkulator (barkal) er en excelbasert modell for beregning av beredskapsbehov i barrierer. <https://www.nof.no/planverk/metoder-og-standarder/nof/barkal/>. Technical report, NOFO, 2021.
- Norsk olje og gass. Guidance on environmental risk analyses using ERA Acute. Version 18, June 2019, 2019.
- Norsk olje og gass. Guidance on environmental risk analyses using ERA Acute. Version 01, February 2020. Technical report, Norsk olje og gass, 2020.
- Norsk olje og gass. Veiledning for miljørettede beredskapsanalyser. Etablert: 16.06.2007 Revisjon nr: 09 Rev. dato: 24.03.2021. Technical report, 2021.
- Mark Reed, Narve Ekrol, Henrik Rye, and Liam Turner. Oil spill contingency and response (oscar) analysis in support of environmental impact assessment offshore Namibia. *Spill Science & Technology Bulletin*, 5(1):29-38, 1999.
- Seatrack. Hovedleveranse 2: Kart over utbredelse og herkomst. Kart over utbredelse og herkomst. Presentasjon av Per Fauchald og Arnaud Tarrow. 2019.
- SINTEF. Oseberg SÅr crude oil - properties and behaviour at sea. Related to oil spill response. *Report No. SINTEF A24709*, page 59, 2013.
- SINTEF. MEMW (Marine environmental modeling workbench) OSCAR and Dream Models. User manual version 11.0.1. Technical report, 2019.
- SINTEF, DNV GL, UiO. Impact and restitution model - Water column. ERA Acute for water column exposed organisms. Brønner, Ute (SINTEF), Nordtug, Trond (SINTEF), Jonsson, Henrik (DNV GL), Ugland, Karl I (UiO), 2015.

SINTEF og DNV GL. Bronner, U. (SINTEF), Nordtug, T. (SINTEF), Jonsson, H. (DNV G., Ugland, K.I. (UiO), 2015. Impact and restitution model - Water column. ERA Acute for water column exposed organisms. Trondheim. 2015.

Cathrine Stephansen, Anders Bjørgesæter, Odd Willy Brude, Ute Brönnner, Tonje Waterloo Rogstad, Grethe Kjeilen-Eilertsen, Jean-Marie Libre, and Christian Collin-Hansen. *Assessing Environmental Risk of Oil Spills with ERA Acute: A New Methodology*. Springer Nature, 2021.

G.H.R Systad, A. Bjørgesæter, O.W. Brude, and G.M. Skeie. Standardisering og tilrettelegging av sjøfugldata til bruk i konsekvens- og miljørisikoberegninger. NINA Rapport 1509. Norsk institutt for naturforskning, bergen, mai 2018. 2018.

A VEDLEGG: MODELLERING AV BEREDSKAP I OSCAR

Oljevernberedskap på åpent hav (barriere 1 og 2) er modellert i OSCAR 11.0.1. Oljedriftsmo-
dellen er satt opp iht. Beste Praksis (Acona, APN og DNV GL 2020). Oljevernssystemene er satt
opp i samråd med Equinor og nyeste informasjon fra NOFO-planverket.

Felles modelloppsett for alle tiltaksalternativer

Eksklusjonssoner: Det er definert en eksklusjonssone med radius 1000 meter rundt utslipps-
lokasjonen. Siden OSCAR-modellen per i dag ikke har mulighet for å sette inn eksklusjonssone
langs kysten, er det i stedet lagt inn ulike dybdebergrensing for beredskapsfartøylene for å unn-
gå at de ulike systemene vil kunne operere helt inn mot strandsonen (Sintef 2014). For meka-
nisk oppsamling er det benyttet en grense på 10 meter og en grense for kjemisk dispergering
fra båt på 20 meter. Grense for dispergering er valgt basert på punkt 3 i beslutningsskjema for
bruk av dispergeringsmidler.

Strategi: OSCAR har fire mulige strategier for et oljevernssystem («nærmeste», «nyeste», «eldste»
og «tykkeste») (se Aamo et al. 1997; Reed et al. 1999; SINTEF 2019 for mer detaljer). OSCAR har
ingen algoritmer for optimalisering og endring av strategien til systemene under simulerings-
forløpet slik at strategien til hvert system må defineres på forhånd. Hva som er beste strategi
vil variere av bla. utslippsmengde, oljetype, værforhold, antall systemer og trolig også strategi-
en til de andre systemene. Erfaring har vist at følgende kombinasjon gir en god utnyttelse av
systemene:

- NOFO J system: Nyeste så lenge utslippet pågår og deretter nærmeste
- MOS Sweeper: Nærmeste

For kjemisk dispergering benyttes strategien «nyeste».

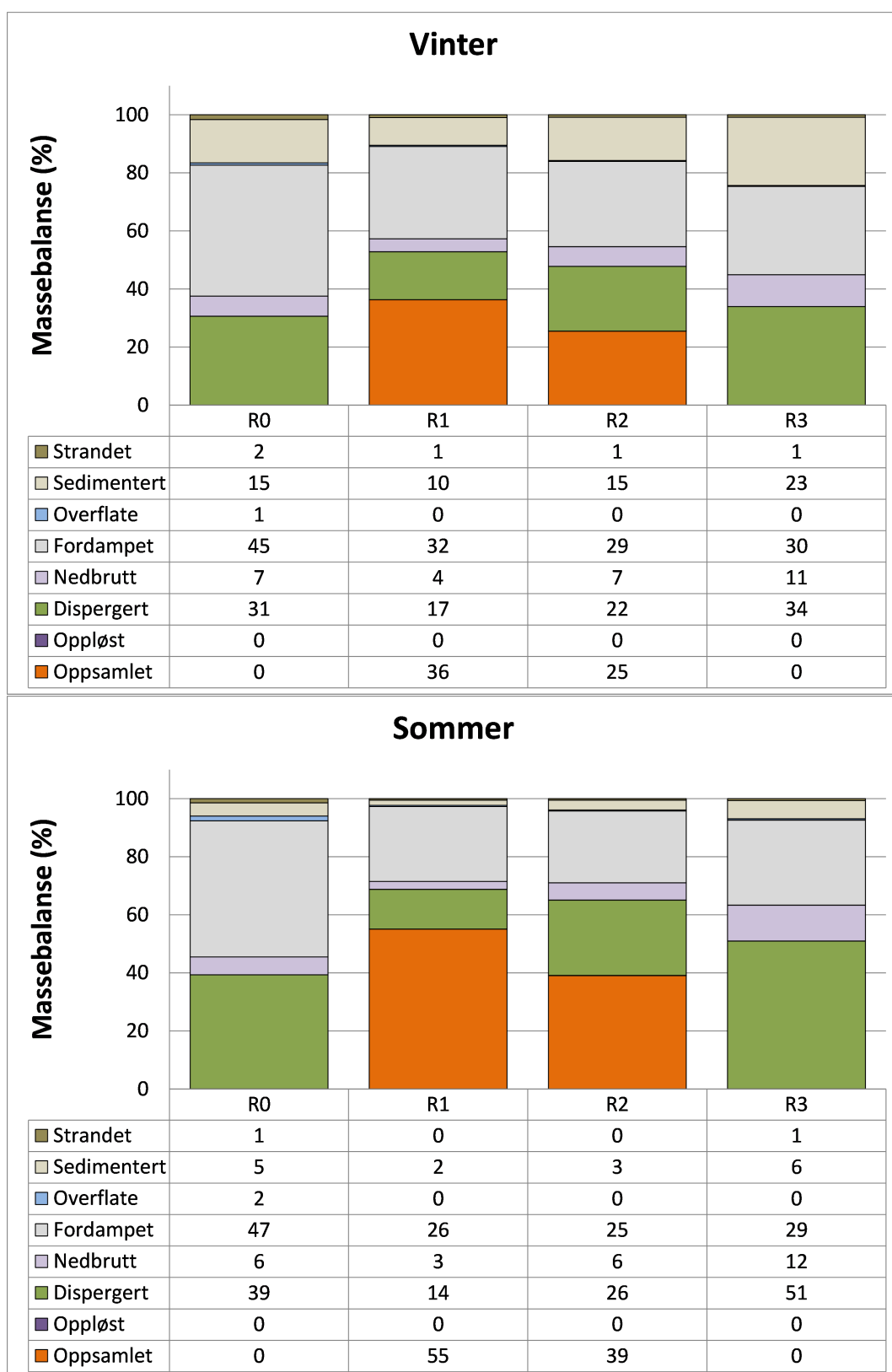
Emulsjonsbryter: Det kan tilsettes emulsjonsbryter i skimmerhodet, for å skille vann fra olje og
derved øke lagringskapasiteten til OR-fartøylene og redusere behov for antall tankskip. Vannfa-
sen pumpes tilbake i lensen. Effektiviteten av emulsjonsbryter (Alcopol O 60 %) er i gjennomn-
sitt 65 % med en konsentrasjon på 500 ppm og 83 % med en konsentrasjon på 2000 ppm. Det
ble benyttet en effektivitet på 65 % i modelleringen.

Resultater

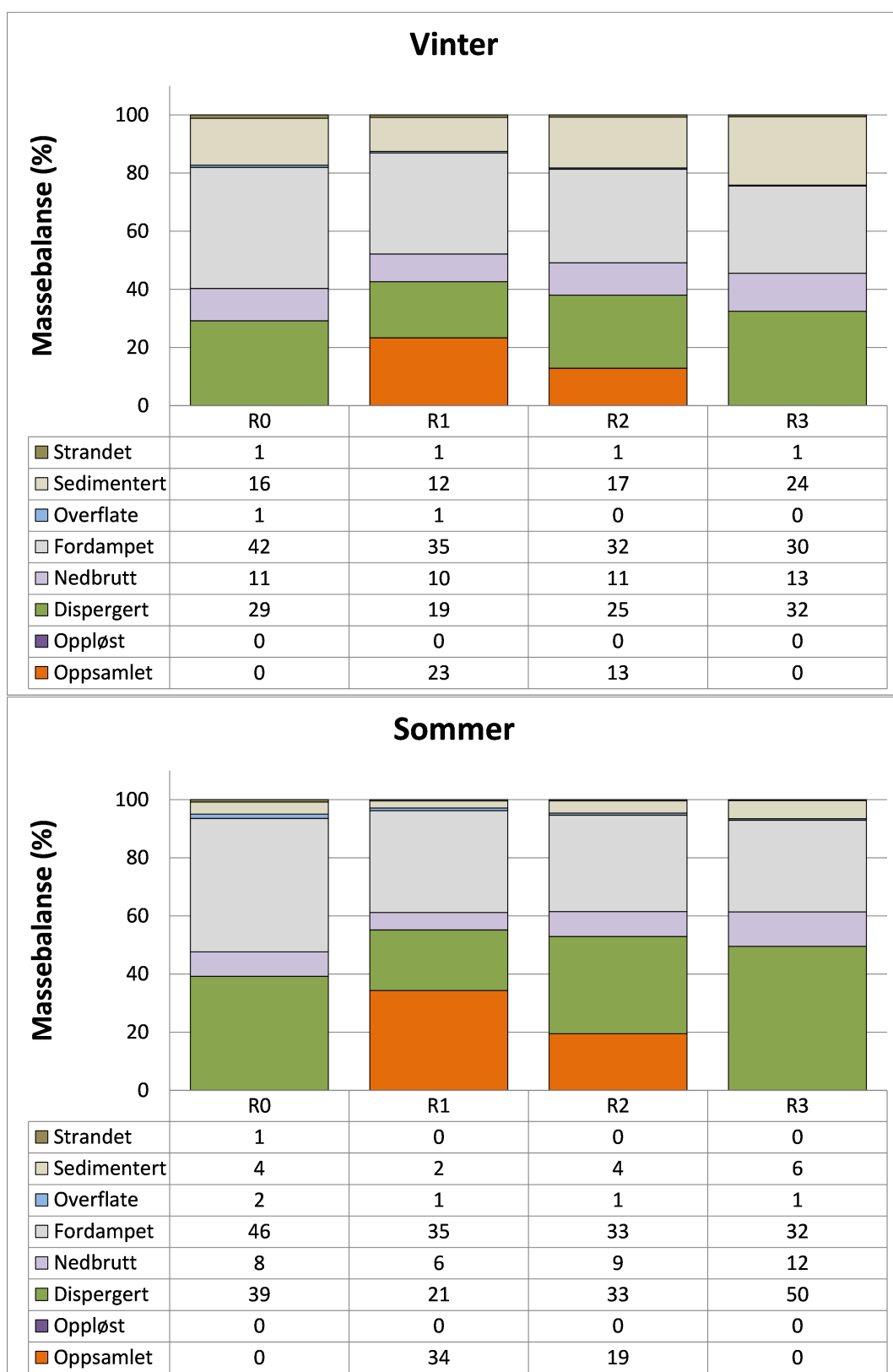
Masseblanse for overflateutblåsninger er vist i figur A.1 og for sjøbunnsutblåsninger i figur
A.2. Risikomatriser for hvert tiltaksalternativ er vist for naturressursen med høyest miljøska-
de (RDF) i hver gruppe (overflate, vannkolonne og strand) i figur A.3 , figur A.4 og figur A.5.
Verdiene viser betinget sannsynlighet for en miljøskade i den gitte kategorien (dvs. sannsyn-
lighet for miljøskaden gitt en utblåsning lik det dimensjonerende scenarioet) og den hvite run-
dingen viser miljørisikoen (dvs. betinget sannsynlighet for miljøskades $\times$ sannsynlighet for en
utblåsning lik det dimensjonerende scenarioet).

Tabell A.1: Oppsett av mekanisk oppsamling og kjemisk dispergering i OSCAR.

Mekanisk oppsamlingssystem	
NOFO J system	MOS Sweeper
System: · Mobiliseringstid: Iht. tabell 7.2 · Tømming av tank ("turnaround time") : 8 t · Effektivitet i mørke: 1 (ingen reduksjon) · Effektivitet av emulsjonsbryter: 65% Strategi: · Nyeste så lenge utslippet pågår og deretter nærmeste Fartøy: · Tankkapasitet: 1 500 m³ · Ganghastighet: 14 knop · Dypgang («draught»): 10 m Lense: · Slepebredde («swath width»): 185 m · Operasjonshastighet: 0,7 knop · Bølgegrense: 4 m · Nominell effektivitet: 90% Skimmer: · Nominell rate: 365 m³/t · Viskositetsgrense: 30 000 mPas · Nedre tykkelsesgrense: 0,1 mm	System: · Mobiliseringstid: 29 timer · Tømming av tank: 8 t · Effektivitet i mørke: 1 (ingen reduksjon) · Effektivitet av emulsjonsbryter: 65% Strategi: · Nærmeste Fartøy: · Tankkapasitet: 1 500 m³ · Ganghastighet: 14 knop · Dypgang («draught»): 10 m Lense: · Slepebredde («swath width»): 50 m · Operasjonshastighet: 2,5 knop · Bølgegrense: 4 m · Nominell effektivitet: 90% Skimmer: · Nominell rate: 100 m³/t · Viskositetsgrense: 30 000 mPas · Nedre tykkelsesgrense: 0,1 mm
Kjemisk dispergering fra fartøy	
System: · Mobiliseringstider: Iht. tabell 7.2 · Etterfylling av dispergeringsmiddel: 8 timer · Effektivitet i mørke: 1 (ingen reduksjon) · Antall turer: 100 (dvs. ingen begrensning) Strategi: · Nyeste olje Fartøy: · Ganghastighet: 14 knop og dypgang («draught»): 20 m Påføringssystem: · Påføringsrate og spraybredde: 60 L/min og 28 m · Tank dispergeringsmiddel: 50 m³ · Påføringshastighet (operasjonell): 5 knop Dispergeringsmiddel: · Navn og effektivitet: Daisic NS og 80% · Grenseverdi viskositet og terskel tykkelse: Database og 0,1mm · Ratio olje:dispergeringsmiddel: 25	



Figur A.1: Gjennomsnittlig massebalanse ved endt simulering gitt en overflateutblåsning med vektet rate og varighet ($9300 \text{ Sm}^3/\text{d}$ og 15.6 dager) i vintersesongen (øverst) og i sommersesongen (nederst) for modellering uten (R0) og med beredskap (R1, R2 og R3). Betinget sannsynlighet for hendelsen er 25%.



Figur A.2: Gjennomsnittlig massebalanse ved endt simulering gitt en sjøbunnsutblåsning med vektet rate og varighet ($9000 \text{ Sm}^3/\text{d}$ og 16.5 dager) i vintersesongen (øverst) og i sommersesongen (nederst) for modellering uten (R0) og med beredskap (R1, R2 og R3). Betinget sannsynlighet for hendelsen er 75%.

Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		1.8%					
Liten		○	47.6%					
Moderat		○	39.0%					
Alvorlig		○	11.6%					
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	10.4%					
Liten		○	73.8%					
Moderat		○	15.9%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	9.2%					
Liten		○	80.5%					
Moderat		○	10.4%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	14.6%					
Liten		○	81.7%					
Moderat	○		3.7%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur A.3: Miljørisiko for sjøfugl og sjøpattedyr for den mest utsatte bestanden og måneden, havsule i mars for de fire ulike alternativene, R0 (ingen beredskap), R1 (mekanisk), R2 (kombinasjon) og R3 (dispergering). Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med vektet rate og varighet. Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøskade $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatriksen. Kun miljørisiko over $1,01E-06$ er angitt med hvit sirkel i matrisen. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1 % eller mer.

Tobis	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		9.8%					
Liten		○	75.6%					
Moderat		○	14.6%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Tobis	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	27.4%					
Liten		○	70.7%					
Moderat	○		1.8%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Tobis	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	14.6%					
Liten		○	83.5%					
Moderat	○		1.8%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Tobis	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		1.8%					
Liten		○	85.4%					
Moderat		○	12.8%					
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur A.4: Miljørisiko for fisk for den mest utsatte bestanden og måneden, tobis i mars for de fire ulike alternativene, R0 (ingen beredskap), R1 (mekanisk), R2 (kombinasjon) og R3 (dispergering). Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med vektet rate og varighet. Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøskade $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatrisen. Kun miljørisiko over 1,01E-06 er angitt med hvit sirkel i matrisen. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1 % eller mer.

Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		4.6%					
Liten	○		7.2%					
Moderat		○	30.9%					
Alvorlig		○	19.7%					
Svært alvorlig		○	36.8%					
Stor			0.7%					
Katastrofal								
Ekstrem								
Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		3.3%					
Liten		○	12.5%					
Moderat		○	30.9%					
Alvorlig		○	34.2%					
Svært alvorlig		○	19.1%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		3.3%					
Liten		○	12.5%					
Moderat		○	33.6%					
Alvorlig		○	38.2%					
Svært alvorlig		○	12.5%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)	○		4.0%					
Liten		○	9.9%					
Moderat		○	40.8%					
Alvorlig		○	36.2%					
Svært alvorlig	○		9.2%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur A.5: Miljørisiko for strandlinje for fauna i desember for de fire ulike alternativene, R0 (ingen beredskap), R1 (mekanisk), R2 (kombinasjon) og R3 (dispergering). Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med vektet rate og varighet. Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøskade × frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatriksen. Kun miljørisiko over $1,01E-06$ er angitt med hvit sirkel i matriksen. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1 % eller mer.

Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	96.3%					
Liten	○		3.8%					
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			○ 100%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			○ 100%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Havsule (No)	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			○ 100%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur A.6: Miljørisiko for sjøfugl og sjøpattedyr for den mest utsatte bestanden i september for de fire ulike alternativene, R0 (ingen beredskap), R1 (mekanisk), R2 (kombinasjon) og R3 (dispergering). Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med vektet rate og varighet. Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøskade $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatrisen. Kun miljørisiko over $1,01E-06$ er angitt med hvit sirkel i matrisen. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1 % eller mer.

Tobis, torsk, sild	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			100.0%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Tobis, torsk, sild	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			100.0%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Tobis, torsk, sild	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			100.0%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Tobis, torsk, sild	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)			100.0%					
Liten								
Moderat								
Alvorlig								
Svært alvorlig								
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur A.7: Miljørisiko for fisk for den mest utsatte bestanden i september for de fire ulike alternativene, R0 (ingen beredskap), R1 (mekanisk), R2 (kombinasjon) og R3 (dispergering). Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med vektet rate og varighet. Miljørisikoen (sannsynlighet for miljøskade $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatrisen. Kun miljørisiko over $1,01E-06$ er angitt med hvit sirkel i matrisen. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1 % eller mer.

Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	10%					
Liten	○		6%					
Moderat		○	41%					
Alvorlig		○	23%					
Svært alvorlig		○	20%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	8%					
Liten		○	22%					
Moderat		○	44%					
Alvorlig		○	15%					
Svært alvorlig		○	11%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	8%					
Liten		○	29%					
Moderat		○	39%					
Alvorlig		○	19%					
Svært alvorlig		○	5%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								
Fauna	0,0001- 0,001%	0,001 -0,01%	0.01 - 0,1%	0,1 - 1%	1 - 5%	5 - 25%	25 - 50%	> 50%
Ubetydelig (1 og 2)		○	12%					
Liten		○	21%					
Moderat		○	39%					
Alvorlig		○	21%					
Svært alvorlig		○	6%					
Stor								
Katastrofal								
Ekstrem								

Figur A.8: Miljørisiko for strandlinje for fauna i september for de fire ulike alternativene, R0 (ingen beredskap), R1 (mekanisk), R2 (kombinasjon) og R3 (dispergering). Sannsynlighet for ulike skader er angitt med prosent gitt en utblåsning med vektet rate og varighet. Miljøriskoen (sannsynlighet for miljøskade $\times$ frekvens) er angitt med en hvit sirkel i risikomatriksen. Kun miljørisiko over $1,01E-06$ er angitt med hvit sirkel i matrisen. Dette tilsvarer en betinget sannsynlighet på 1 % eller mer.

B VEDLEGG: RESULTATER

B.1 STRANDINGSSTATISTIKK FOR PRIORITERTE OMRÅDER

Tabell B.1: Strandingsstatistikk for olje i NOFO eksempelområder.

Sesong	Område	Sanns. (%)	Tid (dager)			Mengde (tonn)		
			P ₁₀₀	P ₉₅	P ₅₀	P ₅₀	P ₉₅	P ₁₀₀
Vinter	Austevoll	60.1	7.4	13.3	30.4	75	1496	5609
...	Bømlo	16.4	10.3	19.4	Inf	0	168	2265
...	Frøya og Froan	59.9	14.9	18.0	33.6	43	1247	4376
...	Lovunden	0.2	33.1	Inf	Inf	0	0	9
...	Nord-Jæren	6.5	12.4	33.5	Inf	0	94	694
...	Ognabukta	0.2	28.8	Inf	Inf	0	0	132
...	Onøy (Øygarden)	87.8	5.0	8.6	20.6	393	3227	6547
...	Runde	59.9	8.8	15.3	31.0	21	678	2186
...	Sandøy	38.0	12.4	18.4	Inf	0	170	850
...	Smøla	64.9	12.9	16.9	31.9	73	1524	4637
...	Sverslingsosen - Skorpa	67.2	5.5	10.1	27.2	94	1039	3776
...	Træna	2.3	24.5	Inf	Inf	0	0	125
...	Utsira	13.2	10.8	21.6	Inf	0	108	1166
...	Vega	1.5	32.1	Inf	Inf	0	0	58
...	Vikna vest	11.3	20.8	31.4	Inf	0	64	256
...	Ytre Sula	95.0	4.7	6.9	16.3	1132	3454	4831
Sommer	Austevoll	42.8	8.3	14.7	Inf	0	1479	5306
...	Bømlo	12.2	11.8	21.7	Inf	0	198	3325
...	Frøya og Froan	23.6	16.4	24.4	Inf	0	1371	7304
...	Lista-Loshavn	0.2	34.3	Inf	Inf	0	0	98
...	Nord-Jæren	4.5	14.1	Inf	Inf	0	0	905
...	Ognabukta	0.4	22.1	Inf	Inf	0	0	129
...	Onøy (Øygarden)	56.6	5.9	12.0	32.6	49	2353	4615
...	Runde	41.9	9.3	18.7	Inf	0	1384	5304
...	Sandøy	25.6	13.2	22.9	Inf	0	284	3054
...	Smøla	30.4	15.6	21.4	Inf	0	1384	6565
...	Sverslingsosen - Skorpa	50.0	10.7	14.2	36.1	0	1494	7040
...	Træna	0.6	25.8	Inf	Inf	0	0	115
...	Utsira	13.2	8.6	22.8	Inf	0	285	1203
...	Vikna vest	2.3	23.0	Inf	Inf	0	0	272
...	Ytre Sula	70.7	5.9	8.7	25.8	411	3085	4812

C VEDLEGG: PARAMETERE BENYTTET I ERA ACUTE ANALYSEN

C.1 SJØFUGL OG SJØPATTEDYR

Tabell C.1: Oppsummering av parametre benyttet i beregning av akutt dødelighet, bestandstap og miljøskade på sjøfugl og sjøpattedyr. Individuell sårbarhet er angitt med en adferdsfaktor, $P(\text{beh})$ og en fysiologisk faktor, $P(\text{phy})$ og bestandens sårbarhet er angitt med R , den fundamentale netto vekstraten (jf. tabell C.2) (se Acona 2015 for detaljer). Grenseverdi er tykkelsen på oljefilmen som anses å være skadelig. Bestandkodene angir geografisk bestandsinndeling for grupper av sjøfuglarter og for enkeltarter av sel (se tabell C.7). Rødlistestatus (2021) til arten er oppgitt for Norge og Svalbard, i parentes (www.artsdatabanken.no).

VØK gruppe	Art	Bestands- kode	Ind. og bestandsårbarhet			Grenseverdi μm	Rødliste NOR(SVB)
			$P(\text{beh})$	$P(\text{phy})$	R		
Pelagisk	Alkekonge	BH	0.88	0.90	1.10	2	- (LC)
dykkende	...	RU	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Lunde	NH	0.88	0.90	1.10	2	EN (LC)
...	...	UK	0.88	0.90	1.10	2	...
...	...	BH	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Polarlomvi	BH	0.88	0.90	1.10	2	CR (VU)
...	...	RU	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Lomvi	RU	0.88	0.90	1.10	2	CR (NT)
...	...	NH	0.88	0.90	1.10	2	...
...	...	BH	0.88	0.90	1.10	2	...
...	...	UK	0.88	0.90	1.10	2	...
...	Alke	NO	0.88	0.90	1.10	2	VU (EN)
...	...	NO	0.88	0.90	1.10	2	...
Pelagisk	Havhest	UK	0.51	0.90	1.05	2	EN (LC)
overflatebeitende	...	NS	0.51	0.90	1.05	2	...
...	...	NH	0.51	0.90	1.05	2	...
...	...	BH	0.51	0.90	1.05	2	...
...	Krykkje	UK	0.51	0.90	1.10	2	EN (NT)
...	...	RU	0.51	0.90	1.10	2	...
...	...	NH	0.51	0.90	1.10	2	...
...	...	BH	0.51	0.90	1.10	2	...
...	Havsule	NO	0.51	0.90	1.15	2	LC (NA)
...	Tyvjo	NO	0.51	0.90	1.05	2	VU (LC)
...	Storjo	NO	0.51	0.90	1.05	2	LC (LC)
...	Ismåke	NO	0.51	0.90	1.15	2	- (VU)
...	Sabinemåke	NO	0.51	0.90	1.15	2	- (EN)
Kystbunden	Teist	NO	0.76	0.90	1.10	2	NT (LC)

Forts. neste side

Tabell C.1: Fortsatt fra forrige side

VØK gruppe	Art	Bestands- kode	Ind. og bestandsårbarhet			Grenseverdi micro	Rødliste status
			P(beh)	P(phy)	R		
dykkende	Svartand	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (NA)
...	Storlom	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Ærfugl	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (LC)
...	Islom	NO	0.76	0.90	1.20	2	NA (NA)
...	Laksand	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Toppskarv	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Storskarv	NO	0.76	0.90	1.20	2	NT (-)
...	Praktærfugl	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (NT)
...	Siland	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Smålom	NO	0.76	0.90	1.20	2	LC (LC)
...	Stellerand	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (-)
...	Sjørørre	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (-)
...	Gulnebbblom	NO	0.76	0.90	1.20	2	VU (-)
Kystbunden	Rødnebbterne	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (LC)
overflatebeitende	Svartbak	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (NT)
...	Fiskemåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	VU (NA)
...	Makrellterne	NO	0.36	0.90	1.15	2	EN (-)
...	Polarmåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	- (VU)
...	Gråmåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	VU (NA)
...	Sildemåke	NO	0.36	0.90	1.15	2	LC (NA)
Våtmarks- tilknyttede	Hvitkinngås	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (LC)
...	Grågås	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Ringgås	NO	0.54	0.90	1.20	2	- (NT)
...	Brunnakke	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Dverggås	NO	0.54	0.90	1.20	2	CR (-)
...	Stokkand	NO	0.54	0.90	1.20	2	LC (-)
...	Kortnebbgås	NO	0.54	0.90	1.13	2	NA (LC)
Ekte sel	Havert	SO	0.95	0.10	1.13	10	VU (-)
og hvalross	...	MI	0.95	0.10	1.13	10	...
...	...	NO	0.95	0.10	1.13	10	...
...	Steinkobbe	SO	0.95	0.10	1.13	10	LC (NT)
...	...	MI	0.95	0.10	1.13	10	...
...	...	NO	0.95	0.10	1.13	10	...

Tabell C.2: Oppsummering av *R*, den fundamentale netto vekstraten for syv VØK-grupper (se Acona 2015 for detaljer).

Nr.	Navn	Arter inkludert i Beste Praksis datasett"	R
Gr. 1	Albatross, stormfugler og joer	Havhest, storjo, tyvjo	1.05
Gr. 2	Alkefugl, petreller, lirer og krykkje	Alkekonge, alke, lunde, lomvi, polarlomvi, teist, krykkje	1.10
Gr. 3	Suler, måker, terner og pingviner	Havsule, ismåke, sabinemåke, rødnebbterne, svartbak, fiskemåke, makrellterne, polarmåke, gråmåke, sildemåke	1.15
Gr. 4	Skarv, dykkere, andefugl og gjess	Svartand, storlom, ærfugl, islom, laksand, toppskarv, storskarv, praktærfugl, siland, smålom, stellerand, sjøorre, gulnebbblom, hvitkinngås, grågås, ringgås, brunnakke, dverggås, stokkand, kortnebbgås	1.20
Gr. 5	Ekte sel, sjøløver, pelssel og bardehval	steinkobbe, havert	1.13
Gr. 6	Hvalross og akvatiske pattedyr	Ingen	1.06
Gr. 7	Tannhval, sjøkuer og havskilpadder	Ingen	1.03

C.2 STRANDHABITAT

Tabell C.3: Oppsummering av parametere benyttet i beregning av lenge berørt strandlinje og miljøskade for ulike ESI-strandtyper (se DNV 2015 for detaljer). Absorberingskapasitet (Oil Holding Capacity, OHC) angir evnen til strandtypen å holde på olje, og benyttes til å fordele strandet olje på ulike strandtyper. OHC varierer med viskositet (cS). Grenseverdi er tykkelsen på olje som anses som skadelig for hhv. vegetasjon (flora) og invertebrater (fauna) i strandhabitatene.

ESI Nr.	Absorberingskapasitet (Oil Holding Capacity)			Grenseverdi (mm)		Helningsgrad (°)
	< 30 cS	30-2000 cS	> 2000 cS	Flora	Fauna	
1	2.80	2.70	1.80	-	0.1	35
4	11.90	12.40	13.50	-	0.1	10
6	11.90	12.40	13.50	-	0.1	15
7	17.00	8.20	8.90	-	0.1	1
8	5.70	6.80	8.90	1	0.1	20
9	17.00	8.20	8.90	1	0.1	1

Tabell C.4: Oppsummering av lagtid og restitusjonstider benyttet i av miljøskade for ulike ESI-strandtyper (se DNV 2015 for detaljer).

ESI Nr.	Lagtid (år)				Restitusjonstid (år)	
	Veldig lette oljer	Lette oljer	Medium tunge oljer	Tunge oljer	Flora	Fauna
1	0	0	0	0	0	3
4	0	0	1	1	0	3
6	0	0	1	1	0	3
7	0	0	1	1	0	3
8	0	3	7	10	0	3
9	0	3	7	10	0	3

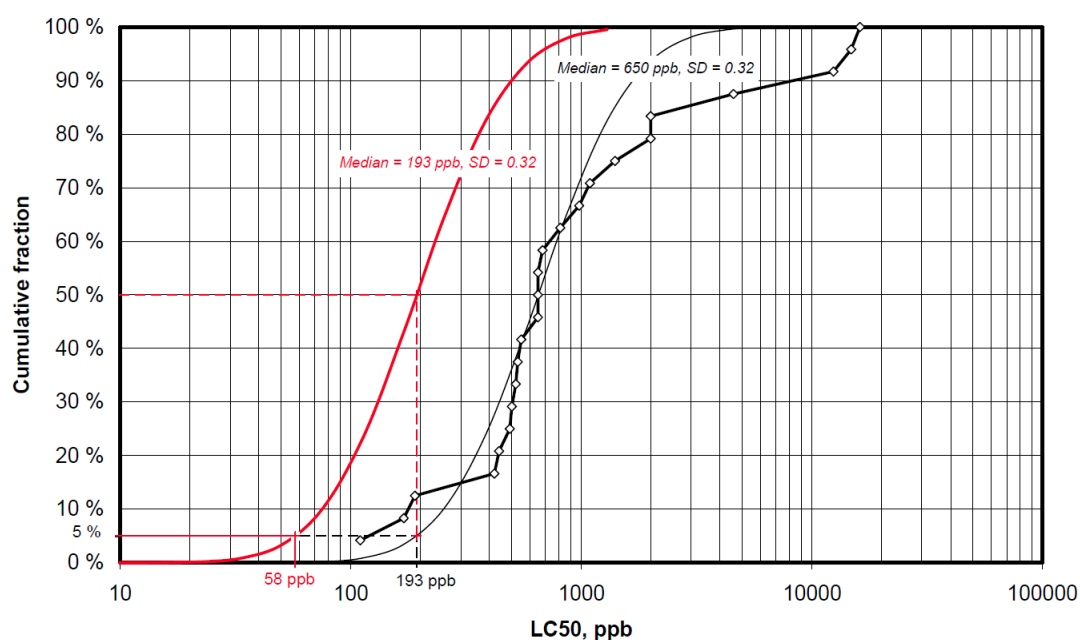
C.3 FISK

EFFEKTKONSENTRASJON FOR OLJE OG FISK Akutt dødelighet på fiskelarver er beregnet med THC-metodikken utviklet i ERA Acute. Akutt dødelighet beregnes ved bruk av en SSD-kurve (species sensitivity distribution") (SINTEF, DNV GL, UiO 2015). Kurven er en kumulativ lognormal fordeling tilpasset LC50-datapunkter for 24 utvalgte arter for dispergert olje (National Research Council of the National Academies 2005) (sort linje i figur C.1). Nilsen et al. (2005) benyttet 5-persentilene av LC50-verdiene i denne kurven til å konstruere en ny parallell SSD-kurve med en median (LC50) på 193 ppb og en LC5 på 58 ppb THC (rød linje i figur C.1). Sistnevnte kurve benyttes til å beregne dødelighet for gyteprodukter av tobis, torsk og sild for årene 2000-2014 (torsk) og 2000-2011 (sild) som funksjon av modellert THC-konsentrasjon (oppløst og i dråpeform) i vannmassen. Per i dag benyttes samme dose-responskurve for livsstadier (dvs, egg, larver, yngel).

Normalt tar man ikke hensyn til vertikalfordeling av olje eller larver, men man antar konservativt at disse befinner seg i samme vannlag. Metoden tar ikke hensyn til om oljen er fersk (og dermed mer giftig) eller ikke.

Hvis larvedødeligheten overstiger 1 % beregnes restitusjonstid og en miljøskade (RDF). Inngangsparameterne som benyttes bestandsmodellen til fisk (tobis, sild og torsk) er gitt i Tabell C.5.

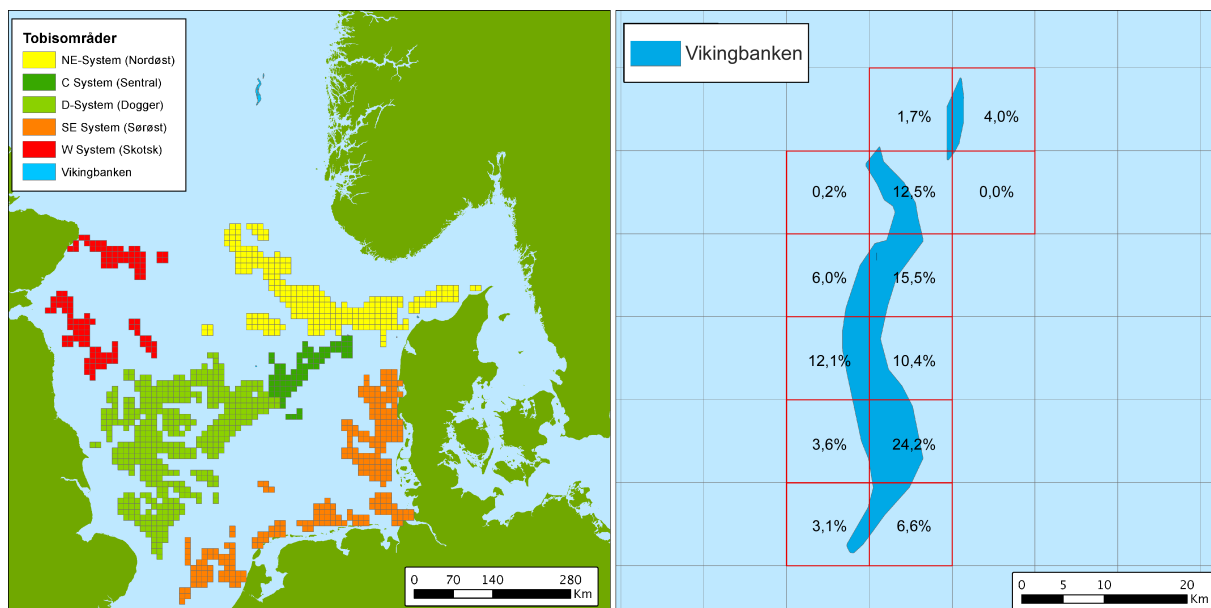
Datasettene for torsk og sild er basert på larvedriftsdata fra Havforskningsinstituttet. Det finnes ikke tilsvarende datasett for tobis og Offshore Norges Beste Praksis gruppe (Akvaplan-niva, DNV og IKM Acona) har derfor laget datasett som benyttes i standard miljørisikoanalyser på norsk sokkel. Datasettet deler tobis i Nordsjøen i seks hovedsystemer der hvert system behandles i analysen som en egen bestand (se Christensen et al. 2008 og HI 2021) (figur C.2). Datasettene er konstruert ved å fordele larvene i alle 10×10 km kartruter som overlapper med gyte- og leveområdene slik at summen av larver og yngel innenfor et system er lik 1 (dvs. 100%). Prinsippet er illustrert for Vikingbanken i figur C.2.



Figur C.1: LC50-verdier fra laboratorieforsøk med dispergert olje for 24 akvatiske arter. Den tynne, svarte kurven er en log-normal fordeling med en median på 650 ppb, tilsvarende median LC50 i datasettet, og et standardavvik på 0,32. Den røde linjen er SSD-kurven konstruert fra 5% persentilene av LC50-verdien og standardavvik på 0,32. Fra denne doseresponskurven er terskelverdien (5% dødelighet) 58 ppb.

Tabell C.5: Standardinnstillinger for bestandsmodellen for fisk (se SINTEF, DNV GL, UiO 2015 og IKM Acona 2022 for detaljer).

Parameter	Original navn	Tobis	Torsk og sild
Antall simuleringer	nSIM	100	100
Naturlig dødelighet, juvenil	NatMort Imatures	0.7	0.2
Naturlig dødelighet, voksen	NatMort Adults	0.4	0.2
Alder rekrutt (år)	AGE_RECRUIT	1	3
Alder første gyting (år)	AGE_FIRST_SPAWN	2	8
Levealder (år)	AGE_MAX	10	25
Gjennomsnittlig str. på rekruttering	E_Recr	1000	1000
Kritisk tetthet (%)	CritDens (%)	5	5
Naturlig dødelighet, juvenil < kritisk tetthet	M Small Abund	0.30	0.15
Naturlig dødelighet, voksen < kritisk tetthet	tm Small Abund	2	6
Kritisk oljedødelighet (%)	CritOilMort (%)	1	1
Klima (1 eller 0)	ClimStart (1 or 0)	0	0



Figur C.2: Oversikt over tobissystemer i Nordsjøen (venstre) og et eksempel på hvordan larvene fordeles i 10×10km kartruter som overlapper med gyteområdet (høyre).

	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
Egg i sanden												
Klekking												
Spredt larvefordeling												
Konsentrert larvefordeling												
Bunnslåing av yngel												
Beitesesong nullåringer												
Beitesesong ettåringer og eldre												
Gyting												
Overvintring i sand												

Figur C.3: Skjematisk oversikt over atferd gjennom et år (hovedperiode = rødt; forekommer regelmessig = oransje). Fra (Havforskningsinstituttet 2021).

Tabell C.6: Fiskebestander hvor det er utført en overlappsanalyse av influensområdet i vannkolonnen og gyteområde. Deres rødlistestatus er vist vha. kodene: VU = Sårbar, LC = Livskraftig.

Gruppe	Art	Rødlistestatus
Fisk	Norsk vårgytende sild	LC
	Nordøstarktisk sei	LC
	Nordøstarktisk torsk (skrei)	LC
	Nordøstarktisk hyse	LC
	Nordsjømakrell	LC
	Nordsjøtorsk	LC
	Nordsjøsil	LC
	Nordsjøsei	LC
	Nordsjøhyse	LC
	Havsil (tobis)	LC
	Snabeluer	VU
	Lodde	LC
	Blåkveite	LC
	Øyepål	LC

C.4 OVERSIKT GEOGRAFISKE BESTANDER

Tabell C.7: Geografisk bestandsinndeling for grupper av sjøfuglarter og for enkeltarter av sel. Geografisk region til fugl på åpent hav er basert på hvor deres hekkekoloni er lokalisert.

VØK-gruppe	Geografisk bestandskode	Geografisk region
Fugl på åpent hav	BH	Barentshavet
	NH	Norskehavet
	NS	Nordsjøen
	RU	Russland
	UK	Storbritannia
Fugl ved kyst	NO	Norsk (nasjonal) bestand
Havert	SO	Sørlig bestand
	MI	Midtnorsk bestand
	NO	Nordlig bestand
Steinkobbe	SO	Sørlig bestand
	MI	Midtnorsk bestand
	NO	Nordlig bestand

C.5 BLOWOUT SCENARIO ANALYSIS - KRAFLA MIDT STATFJORD

Blowout scenario analysis for NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord well rev.

ST-22035

Title:		
Blowout scenario analysis for NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord well rev		
Document no.: ST-22035	Contract no.:	Project:

Classification: Internal	Distribution:
Expiry date:	Status: Final

Distribution date: 10.11.2022	Rev. no.: 3	Copy no.:
---	-----------------------	-----------

Author(s)/Source(s): Mette Roland	
Subjects: Blowout frequency, rate and duration for the Krafla Midt Statfjord well	
Remarks:	
Valid from:	Updated:
Responsible publisher:	Authority to approve deviations:

Prepared by (Organisation unit / Name): TDI OG FOS SAPT ST/Mette Roland	Date/Signature: <u>X</u>
Responsible (Organisation unit/ Name):	Date/Signature: <u>X</u>
Recommended (Organisation unit/ Name): TDI OG FOS SAPT ST/ Bente Røiland Stiegler	Date/Signature: <u>X</u>
Approved by (Organisation unit/ Name):	Date/Signature: <u>X</u>

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

Summary

This note presents the assessment of blowout frequency, rate and duration for NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord exploration well. The analysis is based on input from Petek, available blowout statistics and internal guidelines.

Maximum probable duration is 77 days with less than 1 % probability, while the weighted duration of a blowout with release on surface or seabed is 16 days.

Brent reservoir: The weighted blowout rate is 9100 Sm³/d with a blowout frequency expected to be 1,01x10⁻⁴ per year.

Statfjord reservoir: The weighted blowout rate is 500 Sm³/d with a blowout frequency expected to be 1,44x10⁻⁴ per year.

1 Introduction

To verify whether existing local Environmental Impact Statement (EIS) is valid with regard to the NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord exploration well by the Krafla field in the North Sea, information regarding blowout duration, rates and frequencies for this well is required. In this document, the blowout frequency, rates and possible duration of a blowout is discussed, and results given.

Rev.2 split the two reservoirs with oil and condensate respectively and calculated weighted blowout rates for each reservoir and assigning the blowout frequency accordingly. In the MRABA these will be considered two separate cases, and will not be added up to one scenario.

Rev.3 is to fix printing errors in Table 3 and Table 4. Calculated rate values are correct and has not been changed.

2 Abbreviations

BSA	Blowout Scenario Analysis
BOP	Blowout preventer
DMA	Dead-man anchor
EIS	Environmental Impact Statement
GOR	Gas Oil Ratio
HPHT	High pressure and/or high temperature
LMRP	Lower Marine Riser Package
MRABA	Miljørisiko og beredskapsanalyse
MSL	Mean Sea Level
NCS	Norwegian Continental Shelf
ROV	Remotely Operated Vehicle

3 System description

3.1 General

This blowout scenario analysis (BSA) of blowout frequencies, rates and duration, are based on GL0498 [5] and the following:

- Statistics for blowout and well leak frequencies [2]
- Input from Petek, collected in [3]
- Judgements and considerations in TDI OG FOS SAPT SAF and in dialogue with Krafla Petek

Only wells producing some extent of oil are relevant to include in the BSAs as the sole purpose of the BSA is to be input to oil spill preparedness and environmental risk analysis. For the same reason, shallow gas and well releases are excluded, due to minimal environmental impact.

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

3.2 Well specific information

NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord is a well close to Krafla in 30/11-15S. Drilling will be through two reservoirs, Brent (Tarbert) and Statfjord. For the drilling, it is assumed that a semi-submersible rig on anchor will be used. The water depth is ca 107 m. GOR for Tarbert is ca 100 and GCR for Statfjord is estimated to 4950 Sm³/Sm³. See App.B for further details.

Table 1 Relevant data for ERA/oil spill preparedness, NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord

Parameter	Value
Surface location (coordinates in ED50 datum)	6675696.4 N, 472280.0 E (UTM 31N)
Distance to shore (km)	
Name of oil (with valid weathering study), Tarbert	Oseberg sør oil (used for Krafla oil wells)
Name of oil (with valid weathering study), Statfjord gp	Martin Linge condensate (Krafla gas wells)
Expected oil density at surface conditions (kg/m3) - Tarbert	0.834
Expected condensate density at surface conditions (kg/m3) - Statfjord gp	0.783
Gas density/gravity (sg) - Tarbert	0.935
Gas density/gravity (sg) - Statfjord gp	0.793
Casing or liner design	Casing
ID of surface casing (cm), Tarbert	31.5
ID of surface casing (cm), Statfjord gp	21.7
OD of drill string (cm), Tarbert	35.6
OD of surface casing (cm), Statfjord gp	25.1
Water depth (m)	107
Estimated time for drilling (month)	Ca 2
Reference wells/ previous exploration wells in area (last 5 years)? Distances (km)?	Krafla wells: 30/11-8 S 30/11-10 A

3.3 Assumptions/limitations

This well is drilled through several zones. Petek has evaluated several scenarios, divided into the Brents and the Statfjord reservoirs

Ref. [3] states that the Brent group, which contains oil, is treated as one single reservoir zone and the cases run are

- 1) 5m gross into the reservoir (*Upper Tarbert 1.2*)
- 2) 50% of the HC filled reservoir (*Upper Tarbert 1.1 – Middle Tarbert 2.1*)
- 3) 100% reservoir exposure (*Upper Tarbert 1.1 – Middle Tarbert 2.1*). The Ness formation is neglected due to low blowout rates.

The Statfjord group (condensate) is also treated as one single reservoir zone and the cases run are

- 1) 5 m gross into the reservoir
- 2) 50% of the HC filled reservoir
- 3) 100% reservoir exposure.

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

Each reservoir is calculated separately as one well both with regard to blowout rate and frequency. These will be run separately in the MRABA analysis as two separate cases and not added or weighted together.

The distribution for these scenarios is described below.

This well is a combination of an appraisal well (drilling in Brent) and wildcat (drilling the last section), these types of wells have different blowout frequencies. In addition, Brent is an oil well and Statfjord is a condensate well, these types of wells also have different blowout frequencies

The drilling rig is presumed on anchor. This is conservative, as surface blowouts are not considered being finalized after 28 days as is the case for rigs on DP.

4 Blowout probabilities and scenarios

Frequency

In the NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord well the first reservoir contains oil with low GOR, while the second and final reservoir is a condensate producer with GCR 4950. Thus, these wells are calculated separately. The first section through Brent reservoir group is an appraisal oil well with blowout frequency of $1,01 \times 10^{-4}$ per year and the final section, Statfjord reservoir group, is a wildcat gas/condensate well with blowout frequency $1,44 \times 10^{-4}$ per year. Both are assumed by the project to be "normal" wells (i.e. not e.g. HPHT wells).

An anchored rig is assumed used for drilling the well. Based on information in Table 6.2 in [2] and an overall evaluation of different scenarios and sort of vessel from the database [1], a probability distribution between surface and seabed release scenarios is set to 25 % and 75 % in order of appearance. In Table 2 relevant frequencies are given, based on statistics in [2] and combined with the surface/seabed probabilities.

Table 2 Blowout frequencies

Well	Blowout frequency per well		
	Surface	Seabed	Total
Brent oil appraisal (normal)	$2,52 \times 10^{-5}$	$7,58 \times 10^{-5}$	$1,01 \times 10^{-4}$
Statfjord gas/condensate wild cat well (normal)	$3,60 \times 10^{-5}$	$1,08 \times 10^{-4}$	$1,44 \times 10^{-4}$

Location of incident

During a drilling operation, a blowout may occur if a reservoir is penetrated while well pressure is in underbalance with the formation pore pressure, and a loss of well control follows. Three different scenarios for exploration drilling are defined:

- Top penetration: Kick and loss of well control after 5 m into the reservoir, typically due to higher reservoir pressure than expected.
- Drilling ahead: Kick and loss of well control after penetration of half the pay zone depth. Represents various causes of underbalance while drilling ahead.
- Tripping: Kick and loss of well control after full reservoir penetration, typically due to swabbing during tripping.

As per [5], the recommended distribution between these three locations is 30 % / 40 % / 30 %.

Flow path scenarios

Annulus flow path only is recommended for a basic analysis, for a more detailed analysis of blowout scenarios, the following flow path scenarios and probabilities can be applied for all depths, ref [5]:

- 1) Open hole 10 %
- 2) Annulus 80 %
- 3) Drill pipe 10 %

The present BSA is carried out on a basic level, i.e. all blowouts are considered having flow through annulus.

Flow restriction scenarios

A significant number of recorded blowouts experienced varying degree of restrictions such as:

- Almost closed BOP (pipe ram or blind/shear ram)
- Solids blocking the open hole section due to sand aggregation or formation collapse
- Deformed tubulars, including riser, BOP, casing, drill string

Based on [5] a 60/40 % distribution between full and restricted flow is recommended. The flow restriction is modelled as a circular disc on top of the wellhead with the following hole sizes:

- Open hole 2"
- Annulus 1,5"
- Drill pipe 1"

5 Blowout rates

5.1 Brent reservoir

In the table below, relevant distribution parameters and the originally calculated blowout rates [3] are given, in addition to the weighted blowout rate. The values are given for surface and subsea releases.

Table 3 Blowout rates Brent reservoir – initial and weighted - result rounded off to nearest 100

Scenario distribution	Scenario	Restriction	Restriction distribution	Total distribution	Surface		Seabed	
					Initial rates	Weighted blowout rate (Sm³/d)	Initial rates	Weighted blowout rate (Sm³/d)
					(Sm³/d)		(Sm³/d)	
30 %	Top penetration, Brent	Open	60 %	0.18	535	96	443	80
		95 % restr	40 %	0.12	457	55	436	52
40 %	Drilling ahead 50 %, Brent	Open	60 %	0.24	13684	3284	12785	3068
		95 % restr	40 %	0.16	5382	861	5797	928
30 %	"Tripping", Brent	Open	60 %	0.18	22408	4033	21954	3952
		95 % restr	40 %	0.12	7834	940	7831	940
Total surface/seabed						9300		9000
Total weighted drilling rate Brent								9100

Thus, the Brent reservoir weighted surface and seabed blowout rates are 9300 Sm³/d and 9000 Sm³/d respectively. Using the distribution 25 % / 75 % for surface /seabed releases for a rig on anchor (ch.4), the total weighted rate is estimated to 9100 Sm³/d.

5.2 Statfjord reservoir

As above, the relevant distribution parameters and the originally calculated blowout rates [3] are given, in addition to the weighted blowout rate, including values for surface and subsea releases.

Table 4 Blowout rates Statfjord reservoir – initial and weighted - result rounded off to nearest 100

Scenario distribution	Scenario	Restriction	Restriction distribution	Total distribution	Surface		Seabed	
					Initial rates	Weighted blowout rate (Sm³/d)	Initial rates	Weighted blowout rate (Sm³/d)
					(Sm³/d)		(Sm³/d)	
30 %	Top penetration, Brent	Open	60 %	0.18	61	11	61	11
		95 % restr	40 %	0.12	61	7	61	7
40 %	Drilling ahead 50 %, Brent	Open	60 %	0.24	589	141	588	141
		95 % restr	40 %	0.16	512	82	512	82
30 %	"Tripping", Brent	Open	60 %	0.18	1023	184	1023	184
		95 % restr	40 %	0.12	778	93	778	93
Total surface/seabed						500		500
Total weighted drilling rate Statfjord								500

Thus, the weighted surface and seabed blowout rates, and also the total weighted blowout rate for the Statfjord condensate reservoir, is 500 Sm³/d.

6 Blowout duration

6.1 General

An oil blowout can be stopped by:

- Operator actions – mechanical (*capping*)
- Wellbore collapse and/or rock material plugging the well – (*bridging*)
- Altered fluid characteristics resulting from *water* or *oil coning* during a blowout
- Drilling a *relief well* and pumping kill mud

6.2 Blowout stopping mechanisms

6.2.1 Operator action [6]

Capping (without capping stack) is an operator action involving closing off the flow from the wellbore at the mudline, rather than downhole, using equipment available on the installation. This is either a mechanical shut-in of the well or killing the well with various types of mud and cement.

Depending on the type of operation, capping can involve closing one or more valves in the well's permanent barrier system, such as:

- one of the BOP valves
- valves in the Xmas tree
- valves in the drill or operation string
- downhole valves. This could be a possibility, for example, if one of the causes of the blowout was a failure in the valve's control system which subsequently proves to be repairable.

The ability to run a work string or having one already in place is a precondition for pumping mud down the well. A distinction can be made between hydraulic or dynamic killing. In the first case, a heavy mud is used which provides sufficient hydrostatic pressure to stop the flow from the reservoir. Dynamic killing involves circulating mud in the well at high pumping rates, so that the frictional pressure loss makes a substantial contribution to the counterpressure against the reservoir. A killing operation can also be a combination of these two methods.

Bullheading is another approach. In principle, this involves pumping liquid at high rates and under high pressure through the BOP's choke and kill lines. That presses the formation fluid back into the formation and eventually fills the well with sufficiently heavy kill mud. This method consequently again requires the ability to pump with sufficient rates and pressure to drive more mud into the well. Cement can be used in a kill process either by filling all or part of the well with this material, in the same way as with a kill mud, or by driving cement slurry into the formation.

6.2.2 Bridging [6]

Bridging is a natural mechanism which cause the wellbore to collapse, or the well is plugged or filled up with produced sand, unconsolidated material or formation fragments.

Bridging is a collective term for mechanisms which alter downhole conditions so that the flow ceases. The following can be distinguished:

1. Accumulation of unconsolidated material in the well to block the flow.
2. Well collapse
3. Formation of a hydrate plug in the flow path.

Unconsolidated materials can derive from sand accompanying formation fluid out of the reservoir (sand production) or be loosened from the well walls by the production flow or as a result of stress changes in the formation surrounding the well. Relatively unconsolidated sandstone reservoirs with good permeability can give rise to substantial sand production. Depending on flow rates, the sand can accumulate over time in the well to restrict and eventually halt the flow. If blowout rates are high, however, the sand will accompany the oil stream out of the well. A combination of a brittle formation, friction from the fluid flow along the well wall and stress changes in the well wall could cause formation fragments large and small to flake off and plug the well. Should the drainage of formation fluid during a blowout cause formation pressure to fall to a level below the formation's collapse gradient, the well may collapse or implode. The flow will then be sharply reduced or cease completely.

Factors which could contribute to well collapse include:

- high flow rates which yield rapid drainage of the reservoir and pressure drop
- a small reservoir or poor communication between various reservoir areas, which gives rapid pressure drop per unit volume of liquid drained
- a high collapse gradient (loosely consolidated formation).

6.2.3 Coning [6]

If gas or water coning is a relevant mechanism in a well, this phenomenon could convert a blowout which initially conducts oil to the surface into a pure gas and/or water discharge. Three phases lie one above the other in the reservoir – gas on the top, water at the bottom and oil in between. The thickness of these layers

and the extent to which all are present vary from reservoir to reservoir. When producing from the oil layer, a local pressure reduction arises in that part of this zone which is closest to the well. Depending on such factors as:

- thickness of the oil layer
- viscosity of the oil
- reservoir flow properties horizontally compared with vertically
- production rate, the interface between the three fluid layers during production will differ from the original in the vicinity of the well.

The water phase is pulled up and the gas phase down. With vertical wells, these changes form cones centred in the well. That increases water and/or gas cuts during oil production. Concern about water/gas coning could govern the design of the well path for producers and subsequently the actual production process. Production from an oil layer could convert entirely in this way to water or gas output. Water and gas coning could thereby be a mechanism which halts uncontrolled oil flow during a blowout.

6.2.4 Drilling a relief well [6]

A relief well will be spudded where it is difficult for various reasons to conduct effective kill measures from the rig. This is drilled in towards the bottom of the blowing well. If effective communication can be established between the two wells, control could be restored over the blowout with the aid of dynamic and hydraulic kill methods.

6.2.5 Capping stack [5]

A capping stack can be considered as a contingency BOP which is launched from one or more vessels, lowered, and installed on the BOP or wellhead of the blowing well. Clearance operations to remove equipment and debris from the BOP or wellhead may be necessary before the installation. When the capping stack is successfully installed, the capping stack blind rams are closed to stop the blowout.

Depending on the scenario, two installation methods may be used: vertical or offset installation. Vertical installation is comparable to installation of a subsea BOP. An important difference is that when installing the capping stack, the marine operation and closure of the BOP is disturbed by the flowing well, both at the wellhead and on the surface. Vertical installation is carried out using one vessel positioned directly above the well. Conditions that may challenge vertical installation include shallow waters, high gas rate, limited sea current.

If dictated by the scenario, in particular disturbance from the blowout plume, offset installation will be applied. Offset installation is carried out using the offset installation carrier to position the capping stack on the blowing well. This is done in combination with two vessels towing the carrier with the capping stack subsea on tensioned wires from both vessels and additional equipment used to manoeuvre the stack in position, including concrete dead man's anchors (DMAs). Offset installation is generally considered more complex and time consuming than vertical installation of the capping stack.

6.3 Background for duration calculations

6.3.1 Historical data

In [2], the Sintef database for blowouts [1] are treated statistically. In addition to frequencies, also durations are collected and treated. The results of this are used for the following duration calculations.

The probability distribution of the duration of a possible blowout is derived by way of the approach utilised in [2]. Water and oil coning are not considered in the assessment. Historical data for establishing distributions for stop mechanisms active measures from rig and bridging are found in tab.4 in [2] (updated annually):

Table 5 Weibull parameters for calculating duration of blowout

	α	β	Asymptote
Bridge	0,70	6,00	0,63
CapTopside	0,70	2,30	0,53
CapSubsea	0,70	6,00	0,45
ReliefWell ¹	15	80	1

$T_{\text{ReliefWell}}$ is uniformly distributed between α and β , while $T_{\text{bridge}}/T_{\text{capping surface}}/T_{\text{capping Subsea}}$ has Weibull distributions. Note that for Relief well and Capping stack, specific input values are used (Table 6 and Table 7).

6.4 Duration of the blowout

6.4.1 Estimation of relief well duration

Well specific input about time to drill a relief well is given by the project and presented in Table 6. One assumption in the assessment of blowout duration is that one relief well is sufficient to kill the well. Also, the relief well is assumed to drill into a horizontal well. Need for a second relief well would require a re-evaluation.

Table 6: Time to drill a horizontal relief well (days), based on Statfjord reservoir

	Min ^{*)}	Most likely	Max	Comments
1- Decision to mobilize	1	1	2	
2- Mobilization of rig, including: collection of equipment/rearmament, transit, anchoring and preparation	9	12	25	
3- Drilling down to the specific depth	23	29	35	
4- Geo magnetic steering into the well ²	7	12	20	Deviated well. Value for vertical well chosen.
5- Killing of well	1	2	5	
Sum	41	56	87	

^{*)} Min case is based on local rig available. Availability is currently uncertain.

¹ $T_{\text{ReliefWell}}$ is uniformly distributed between α and β , while $T_{\text{bridge}}/T_{\text{capping surface}}/T_{\text{capping seabed}}$ has Weibull distributions

² default values for horizontal/vertical wells (in order of appearance) are provided based on expert judgement. An argument must be provided for alterations in these numbers.

6.4.2 Capping stack input

Since this is a well close to, and in general similar to, Krafla well it is assumed that the input to capping stack evaluation is valid also for this well. Based on the information provided by the Krafla project (Table 7 and App. A) and the methodology presented in App. A in [5], the probability of successfully stopping the blowout by use of capping stack is 46 %. The probability of use of vertical installation is 25 %.

The duration of the different parts of a vertical capping stack installation for the NO 30/11-15 Krafla Midt Statfjord operations are given in the tables below. Grey cells are default values (as in App. A), and these are based on expert judgement from the discipline ladder and several capping stack workshops for exploration wells. Neither number of days or the probabilities listed in App. A are exact values but a best estimate. Since several factors are added to give a statistical distribution, inaccuracies in single value do not affect the total result in a significant way.

Bad weather conditions can lead to delays and decrease the probability of success for landing the capping stack. Water depth and sea current also affects the success.

Table 7 Duration for the different time steps for the different activities related to the cap&contain operation. Grey values are assumed well independent and based on Norths Sea wells. Based on Krafla input [4]

Part	Description	Vertical lowering – in days				Offset lowering – in days			
		P(delay)	Min	Mean	Max	P(delay)	Min	Mean	Max
Decision	Time lost before mobilization is started	N/A	1	1	1	N/A	1	1	1
Mobilization	Equipment and resource set-up, parts and personnel transportation, ready for deployment from shore	N/A	8	10	14	N/A	14	18	28
Deployment	Time to deploy equipment to site and get ready for operation (typically, 1-3 days for the NCS)	<i>Comment: Generic North Sea values</i>	1	2	3	<i>Comment: Generic North Sea values</i>	2	4	6
Prepare offset installation system	Plan subsea layout, establish wet storage area (mooring corridors, dead man anchors etc.), typically 15 runs. Restrict to additional time beyond mobilization and deployment.	N/A	-	-	-	N/A	2	3	4
Set up offset installation system	Deploy equipment in wet storage area and set up offset installation system (3 x DMA installations, air systems using wires/tug lines between two boats). Sensitive weather conditions (through splash zone).	N/A	-	-	-	<i>Comment: Longer time due to templates</i>	3	7	16
Additional time for debris clearance	Time necessary for debris (pipe, items from the rig etc.) clearance beyond the time of decision, mobilization,	P(add time) = 2 %	2	2	2	P(add time) = 2 %	2	3	4

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

Part	Description	Vertical lowering – in days				Offset lowering – in days			
		P(delay)	Min	Mean	Max	P(delay)	Min	Mean	Max
	and deployment (LMRP disconnect successful).								
Stack installation	Transit carrier with capping stack to WH/BOP and install stack on the blowing well 7a. Transit stack to WH/BOP 7b. Connect 7c. Shut in well	<i>Comment: Generic North Sea values</i>	Hours a) 6 b) 1 c) 8	Hours a) 8 b) 1,5 c) 8	Hours a) 12 b) 2 c) 8	N/A	Hours a) 24 b) 8 c) 8	Hours a) 27 b) 12 c) 8	Hours a) 36 b) 24 c) 8
Operational delays	Delays throughout operation, not covered by above factors, e.g. mobilization and fabrication, weather, vessel availability, position control and coordination/collaboration during subsea mooring, equipment failure (ROV, carrier, mooring wires, air supply systems, debris), operational failures (communication, sim ops 2+ vessels)	P = 5 % average over the year	2	3	5	P = 7 % average over the year	2	5	20

6.4.3 Calculated blowout duration (including capping stack)

The probability distribution in Table 8 is constructed by a combination of the well specific input on capping stack installation and relief well drilling together with probabilities that a blowout will end by the mechanisms capping and bridging.

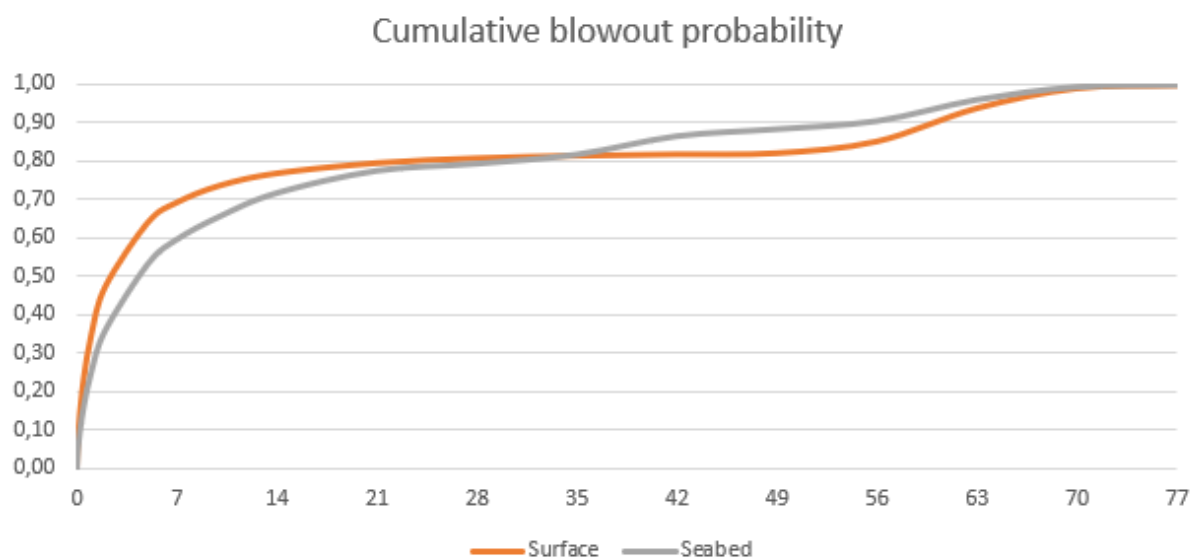
Table 8 Probability distribution for a blowout to end as a function of time (days), detailed

Duration (days)	Surface blowout	Seabed blowout	Duration (days)	Surface blowout	Seabed blowout
1	35 %	25 %	35	0,7 %	2,4 %
2	13 %	11 %	42	0,4 %	4,8 %
5	17 %	17 %	49	0,3 %	1,8 %
7	5 %	6 %	56	3,0 %	2,1 %
10	4,4 %	6,0 %	63	8,7 %	5,6 %
14	3,2 %	6,1 %	70	5,2 %	3,3 %
21	2,7 %	5,8 %	77	0,8 %	0,5 %
28	1,2 %	1,8 %			

Table 9 Weighted duration, including capping stack

Surface				Seabed			
Group no	Duration group	Grouped weighted duration	Grouped weighted probability	Group no	Duration group	Grouped weighted duration	Grouped weighted probability
1	1 to 2 days	1,27	48 %	1	1 to 5 days	2,5	53 %
2	5 to 10 days	6,23	26 %	2	7 to 21 days	12,9	24 %
3	14 to 56 days	31,24	11 %	3	28 to 56 days	42,0	13 %
4	63 days	63,00	9 %	4	63 days	63,0	6 %
5	70 to 77 days	70,93	6 %	5	70 to 77 days	70,9	4 %
Sum weighted surface duration			16 days	Sum weighted seabed duration			16 days

As presented in Table 8, the maximum blowout duration is 77 days for both surface and seabed releases, while Table 9 indicates a weighted duration of 16 for both surface and subsea releases. In Figure 1 and Figure 2 the blowout probabilities and duration are illustrated.


Figure 1 Blowout duration described by cumulative distributions, including capping stack

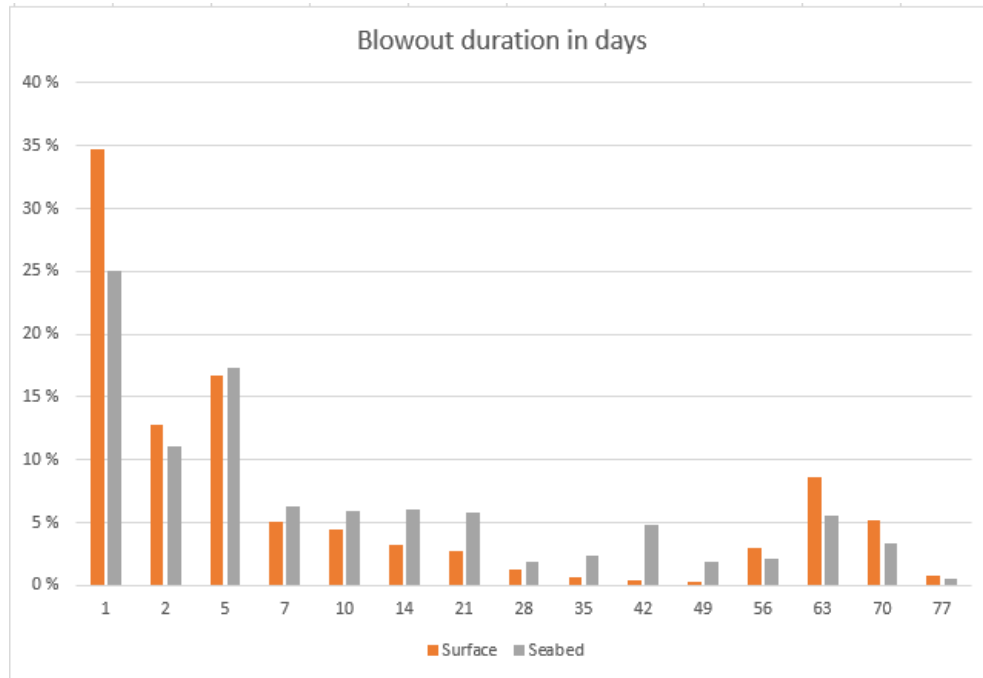


Figure 2 Blowout duration described by probability distributions, including capping stack

7 Uncertainties

This report is based on statistical values from [1]. These values are studies and treated in [2]. The blowout frequency is thus a statistical value but assumed to give a rather correct range of the expected blowout frequency.

Rate calculations are assumed correct based on present knowledge. Some values are estimated values and the uncertainty in the final result due to these estimates is considered small.

8 Summary

Blowout frequency, rates and durations are calculated for the Brent and Statfjord reservoir separately, and estimates are given. For the Brent reservoir, an appraisal oil well, the blowout frequency is $1,01 \times 10^{-4}$ per year and the weighted blowout rate is estimated to 9100 Sm³/d. The Statfjord well, considered to be a wild cat gas/condensate well, the blowout frequency is judged to be $1,44 \times 10^{-4}$ per year. The weighted blowout rate is 500 Sm³/d.

It is found that the duration of a blowout could potentially amount to 77 days with less than 1 % probability. The weighted blowout duration is 16 days for both surface and subsea releases.

9 References

- [1] Sintef: "Blowout and Well Release Characteristics and Frequencies, 2021", Dok.nr. 2022:00131, Final rev., Jan 2022
- [2] Vysus: "Blowout and Well Release Frequencies – based on Sintef Offshore Blowout Database 2020", report 19101001-8/2021/R3, Final, April 2022

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

-
- [3] "Blowout simulation report for MRABA NO_30/11-15 S, Krafla Midt Statfjord", Equinor, Oct.2022
 - [4] Blowout scenario and subsea release analysis for Krafla.Revised November 2021", Equinor Nov.2021
 - [5] Equinor: GL0498 "Guideline for Blowout Scenario Analysis as input to Environmental Risk Analysis" rev.2
 - [6] NOROG: "Guidance on calculating blowout rates and duration for use in environmental risk analyses", 2014

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

Appendix A Probabilities related to use of capping stack - based on Krafla [4]

The table below is the result of a capping stack workshop with mainly relevant project personnel and the discipline ladder. It shows the probability for the different aspects of the use of capping stack. Grey cells are set default values for capping stack operations.

Blue and green cells are calculated values. The value in the green cell is used as input in the duration calculation.

Success, P(capping stack)		0,4568
P(blowout not through WH/BOP)		0,3
P(outside spec)		0,1585
P(outside technical spec)	The technical spec has limitations like - water depth > 12500 ft/3810 m - max wellhead pressure (15K psi / ca 1000 bar) - GOR (liquid rate 15900 Sm ³ /d with GOR 356)	0,01
P(outside operational window)	Capping operation not undertaken due to restrictions related to environmental conditions, blowout rate and medium (uplift forces from flowing well) and vessel capabilities. E.g. · Water depth · Weather · Sea current · Vessel condition · Blowout flow rate · Blowout medium composition (GOR)	0,15 (Operation all year around)
P(Landing point not available)		0,1061
P(damaged landing points)	Most likely cause is failure of emergency disconnect to LMRP in case of loss of position	0,03
P(tilted wellhead)		0,03
P(no access)	The probability of this scenario is low and could be excluded if there are not specific conditions that suggest otherwise (e.g. subsea installations) makes installation impossible even after debris clearance.	0,05
P(failed operation)		0,1324
P (Failed operation vertical)		0,0689
P(vertical)	The probability of vertical installation, P(vertical) should be based on well specific evaluations on the most probable installation method based on e.g. surface conditions (plume, induced currents, water depth).	0,25 (Consider only drilling/completion. Low water depth)
P(inflct critical damage to landing point vertical)	The probability of damaging landing point (connectors, wellhead/BOP) during the deployment and installation phase is dependent on the type of installation method. The probability of this occurring during vertical installation is low and comparable to BOP installation.	0,01
P(failed well integrity)	The probability of failed well integrity during the capping stack installation (i.e. blowout outside casing) is studied in the well planning phase (casing collapse study) and should be based on well specific input.	0,05 (Have performed blowout load case. 14" casing is strong)
P(capping blind shear ram not sealing)	Given inside spec, the probability of the blind shear ram not sealing is low and is not accounted for in the model.	0,01
P (Failed operation offset)		0,1536
P(offset)	(max water depth 600 m)	0,75
P(inflct critical damage to landing point offset)	The probability for damaging the landing point during offset installation is less compared to vertical installation method. However, overall operations prior to landing capping stack is more complex than vertical.	0,1

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

Appendix B Parameters for blowout and kill simulations Error! Reference source not found.

Table B-1 Reservoir properties

Reservoir data	Unit	UT 1.2	UT 1.1 – MT 2.1	Ness – GWC	Statfjord Gp.	GeoX mean? Y/N	Comment
GeoX ID					671045		
Geo prognosis							
Trajectory (Compass name)							
Deviation through reservoir		0	0	0	0		
Hole size	inches	8.5	8.5	8.5	8.5		
Top reservoir	mTVD MSL	3315	3325	3484	4125	N/A	
Base reservoir	mTVD MSL	3325	3484	3720	4625	N/A	
Oil Water Contact (OWC)	mTVD MSL	3383	3473	-			
Gas Water Contact (GWC)	mTVD MSL	-		3602	4230		
Net/Gross	ratio	0.532	0.429	0.134	0.334		In the HC-bearing interval
Net pay	mTVD	5.32	63.49	15.812	35.07		Interval above OWC/GWC.
Net pay	mMD	5.32	63.49	15.812	35.07		Interval above OWC/GWC:
Porosity	v/v	0.188	0.178	0.135	0.126	Res 1: N Res 2: N Res 3: Y	<In the HC-bearing interval>
Absolute permeability	mD	133	307	4	10.6		In net pay interval.
Effective permeability		106.4	245.6	3.2	8.7		1% per 0.01 v/v SW above 0.1 v/v SW, max 20% reduction.
Sw, Water saturation	fraction	0.31	0.35	0.44	0.28		In the HC-bearing interval
Kv/Kh	ratio	0.1	0.1	0.1	0.1		Default value 0.1
Reservoir pressure	bar	417.2	417.7	437.7	859.6 *	N/A	At top reservoir. * Deep top Statfjord Gp. used.
Reservoir temperature	°C	122	125.2	129.8	152.5	N/A	Temperature at OWC depth
Length along well (X)	m	1900	1810	2750	3500	N/A	A minimum Dietz factor of 0.1 is used if the calculated Dietz factor is lower than the minimum value.
Width across well (Y)	m	670	1100	500	1500	N/A	
Position of well within reservoir (X ₁)	m	132	230	795	1780	N/A	
Position of well within reservoir (Y ₁)	m	145	120	250	600	N/A	

Doc. No.

Valid from:

Rev. no.

Table B-2 Fluid properties

Fluid data	Unit	Tarbert	UT 1.1 – MT 2.1	Ness – GWC	Stafford Gp.	GeoX mean? Y/N	Comment
Reference field/well for fluid properties (PVT)		30/11-8 S	30/11-8 S	30/11-8 S	30/9-28 S Angkor Thom		
Reference fluid properties at surface conditions (15°C and 1 bar)							
Oil density	kg/m3	833.6	←	-	-	n/a	
Gas gravity (air=1)	sg	0.935	←	0.813	0.793	n/a	
Condensate density	kg/m3	-	←	793.6	782.8	n/a	
GOR	Sm3/Sm3	103.6	←	-	-		
GCR	Sm3/Sm3	-	←	1696.5	4953.9		
Calculated fluid properties at initial reservoir conditions (at top reservoir depth)							
Reservoir pressure	bar	417.17	417.65	437.71	739.6		
Reservoir temperature	°C	119.51	119.87	125.59	148.67		
Reservoir fluid density	g/cc	0.722	←	-	-		
Gas density	g/cc	-	←	0.373	0.370		
Oil density at saturation pressure	g/cc	0.676	←	-	-		
Dew point / Bubble point	bar	152.46	←	332.1	276.8		<Recalculated y/n>
Viscosity at res. press.	cP	0.5211	←	0.0539	0.050137		
Viscosity at saturation pressure / dew point	cP	0.3770	←	-	-		
Formation Volume Factor, Bo/Bg at res. press	Rm3/Sm3	1.3195	←	0.003934	0.003057		
Formation Volume Factor, Bo at saturation pressure.	Rm3/Sm3	1.409	←	-	-		
CO ₂	mol%	3.011	←	4.036	3.352		
N ₂	mol%	1.109	←	1.107	5.93		
H ₂ S	mol%	0	←	0	0		